

MIGUEL MARCELO BRASSIOLO

Avaliação da Regeneração Natural de  
***Pinus elliottii*** Engel. var. *elliottii*  
na Floresta Nacional de Capão Bonito, SP.

Dissertação submetida à consideração da  
Comissão Examinadora como requisito par-  
cial na obtenção do título de "Mestre em  
Ciências M. Sc.", no Curso de Pós-Gradua-  
ção em Engenharia Florestal do Setor de  
Ciências Agrárias da Universidade Federal  
do Paraná.

CURITIBA

1 9 8 8

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

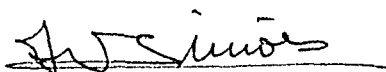
P A R E C E R

Os membros da Comissão Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado apresentada pelo candidato MIGUEL MARCELO BRASSIOLO, sob o título "AVALIAÇÃO DA REGENERAÇÃO NATURAL DE POVOAMENTO DE *Pinus elliottii* NA FLORESTA NACIONAL DE CAPÃO BONITO, SP." para obtenção do grau de Mestre em Ciências Florestais - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná. Área de concentração: SILVICULTURA, após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato, são de parecer pela "APROVAÇÃO" da Dissertação completando assim os requisitos necessários para receber o grau e o Diploma de Mestre em Ciências Florestais.

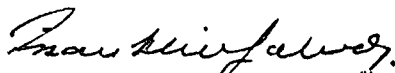
Observação:

O critério de aprovação da Dissertação e Defesa da mesma a partir de novembro de 1980 é apenas, APROVADA ou NÃO APROVADA.

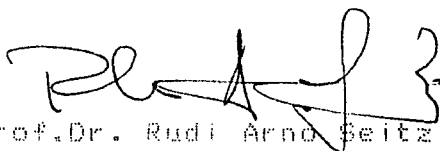
Curitiba, 16 de dezembro de 1988



Prof.Dr. João Walter Simões  
Primeiro Examinador



Prof.Dr. Frank Vin Galvão  
Segundo Examinador



Prof.Dr. Rudi Arno Seitz  
Presidente da Comissão



A minha mae " in memorian "

Ao meu pai

Aos meus irmãos

DEDICO

### BIOGRAFIA DO AUTOR

MIGUEL MARCELO BRASSIOLO, filho de Américo Miguel Brassiolo e Lília Maria Zurbriggen de Brassiolo, nasceu no dia 17 de agosto de 1958 em Capilla del Monte, Córdoba, Argentina.

Cursou o segundo grau no Instituto de Enseñanza Secundaria de La Cumbre, (Córdoba). Em 1978 iniciou o Curso de Engenharia Florestal na Universidad Nacional de Santiago del Estero, graduando-se em 1984.

Durante o período acadêmico participou de vários cursos, congressos e convenções e foi monitor do Jardim Botânico, no período de 1981-1984.

Em março de 1985 iniciou o curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal (Mestrado), concluindo os créditos em junho de 1986.

### AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Rudi Arno Seitz, pela valiosa orientação e amizade durante a realização deste trabalho.

Ao meu co-orientador, Prof. Dr. Roberto Tuyoshi Hosokawa pelo estímulo e auxílio durante este trabalho.

Ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, pela aceitação no referido Curso.

À coordenação do projeto Manejo de Flonas pelo auxílio nas despesas durante a coleta de dados e ao IBDF que facilitou o uso da área na Floresta Nacional de Capão Bonito, bem como aos seus funcionários que possibilitaram uma convivência muito importante durante a fase de trabalho de campo.

Ao CNPQ pela concessão da bolsa de estudo que possibilitou a realização deste trabalho.

Aos meus amigos, Professores Franklin Galvão, Miguel Milano, Yoshiko Kuniyoshi, Carlos Roderjan, e Antonio Nogueira pelo estímulo e auxílio em todas as fases do trabalho.

Ao colega Carlos Machado pela amizade e inestimável auxílio no processamento dos dados.

A meus amigos Gustavo Wachtel e Jorge Glade pelo estímulo, compreensão e apoio nos momentos difíceis.

Às funcionárias da biblioteca do Setor de Ciências Agrárias, pela ajuda e amizade.

Aos colegas e amigos pelo carinho evidenciado em incontáveis oportunidades ao longo de minha estada nesta Universidade.

## S U M Á R I O

|  |      |
|--|------|
| <u>LISTA DE FIGURAS</u> .....                            | ix   |
| <u>LISTA DE TABELAS</u> .....                            | xii  |
| <u>RESUMO</u> .....                                      | xiii |
| 1 <u>INTRODUÇÃO</u> .....                                | 1    |
| 1.1 <u>OBJETIVOS</u> .....                               | 2    |
| 2 <u>REVISÃO DE LITERATURA</u> .....                     | 4    |
| 2.1 <u>CONCEITUAÇÃO DE REGENERAÇÃO NATURAL</u> .....     | 4    |
| 2.1.1 Condições para o êxito da regeneração natural..... | 6    |
| 2.2 <u>PRODUÇÃO DE SEMENTES</u> .....                    | 7    |
| 2.2.1 Periodicidade.....                                 | 7    |
| 2.2.2 Clima.....   | 9    |
| 2.2.3 Espaçamento.....                                   | 9    |
| 2.2.4 Dimensões da árvore.....                           | 10   |
| 2.2.5 Idade.....   | 11   |
| 2.3 <u>DISSEMINAÇÃO</u> .....                            | 12   |
| 2.3.1 Queda de sementes.....                             | 12   |
| 2.3.2 Distância de disseminação.....                     | 13   |
| 2.4 <u>GERMINAÇÃO E ESTABELECIMENTO</u> .....            | 15   |
| 2.4.1 Perda de sementes.....                             | 15   |
| 2.4.2 Germinação.....                                    | 16   |
| 2.4.3 Sobrevivência.....                                 | 17   |

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 2.4.4   | Quantidade de sementes necessárias.....           | 20 |
| 2.4.5   | Crescimento inicial.....                          | 21 |
| 2.5     | METODO PARA AVALIAÇÃO DA REGENERAÇÃO NATURAL..... | 24 |
| 2.5.1   | Densidade e distribuição.....                     | 24 |
| 2.5.2   | Desenvolvimento da regeneração.....               | 26 |
| 3       | <u>MATERIAL E MÉTODOS</u> .....                   | 28 |
| 3.1     | CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDOS.....            | 28 |
| 3.2     | OBTENÇÃO DOS DADOS.....                           | 30 |
| 3.2.1   | Distribuição das plantas jovens.....              | 30 |
| 3.2.2   | Método de amostragem.....                         | 30 |
| 3.2.3   | Avaliação da densidade.....                       | 31 |
| 3.2.4   | Variáveis analisadas.....                         | 31 |
| 3.3     | ANÁLISE DOS DADOS.....                            | 33 |
| 3.3.1   | Análise de componentes principais.....            | 33 |
| 3.3.2   | Análise de agrupamento.....                       | 34 |
| 3.3.2.1 | Análise dos grupos.....                           | 35 |
| 3.3.3   | Comparação dos grupos mais importantes.....       | 36 |
| 3.3.4   | Relação altura-diâmetro.....                      | 36 |
| 4       | <u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u> .....               | 37 |
| 4.1     | DENSIDADE E DISTRIBUIÇÃO DAS PLANTAS JOVENS.....  | 37 |
| 4.2     | CARACTERÍSTICAS QUALITATIVAS DAS PLANTAS.....     | 43 |
| 4.2.1   | Vitalidade.....                                   | 43 |
| 4.2.2   | Tortuosidade.....                                 | 45 |
| 4.2.3   | Defeitos.....                                     | 46 |
| 4.3     | ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS.....            | 49 |
| 4.3.1   | Seleção de variáveis a partir dos dados médios... | 50 |
| 4.3.2   | seleção de variáveis da planta maior.....         | 52 |
| 4.4     | VARIAÇÃO DOS DADOS OBTIDOS.....                   | 54 |



|         |  |     |
|---------|--|-----|
| 4.5     | ANÁLISE DE AGRUPAMENTO.....                  | 56  |
| 4.5.1   | Grupos na população I.....                   | 56  |
| 4.5.2   | Grupos na população II.....                  | 61  |
| 4.5.3   | Grupos na população III.....                 | 66  |
| 4.5.4   | Grupos na população IV.....                  | 70  |
| 4.5.5   | Grupos na população V.....                   | 75  |
| 4.6     | COMPARAÇÃO DOS GRUPOS MAIS IMPORTANTES.....  | 82  |
| 4.6.1   | Análise das populações I, II, III e IV ..... | 83  |
| 4.6.1.1 | Altura média por parcela.....                | 83  |
| 4.6.1.2 | Diâmetro médio por parcela.....              | 85  |
| 4.6.1.3 | Análise da planta maior por parcela.....     | 86  |
| 4.6.2   | Análise da população V.....                  | 90  |
| 4.6.2.1 | Altura média por parcela.....                | 91  |
| 4.6.2.2 | Diâmetro médio por parcela.....              | 92  |
| 4.6.2.3 | Altura da planta maior.....                  | 93  |
| 4.6.2.4 | Diâmetro da planta maior.....                | 95  |
| 4.7     | VARIAÇÃO DA RELAÇÃO ALTURA-DIÂMETRO .....    | 96  |
| 4.7.1   | População I.....                             | 98  |
| 4.7.2   | População II.....                            | 99  |
| 4.7.3   | População IV.....                            | 101 |
| 4.7.4   | População V.....                             | 101 |
| 5       | <u>CONCLUSÕES</u> .....                      | 105 |
|         | <u>SUMMARY</u> .....                         | 108 |
|         | <u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u> .....      | 109 |

LISTA DE FIGURAS

|    |  |    |
|----|--|----|
| 1  | DIAGRAMA DE ÁREAS VAZIAS DAS POPULAÇÕES I E III .....  | 39 |
| 2  | DIAGRAMA DE ÁREAS VAZIAS DA POPULAÇÃO II .....   | 40 |
| 3  | DIAGRAMA DE ÁREAS VAZIAS DAS POPULAÇÕES IV E V .....   | 42 |
| 4  | HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIAS DE CADA CLASSE DE VITALIDADE<br>NAS 5 POPULAÇÕES .....               | 44 |
| 5  | FREQUÊNCIAS DAS CLASSES DE TORTUOSIDADE POR POPULAÇÃO<br>DAS PLANTAS DE VITALIDADE 1 E 2 ..... | 46 |
| 6  | HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIAS DOS DEFEITOS DA PONTA .....  | 47 |
| 7  | HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIAS DOS DEFEITOS DO FUSTE .....  | 48 |
| 8  | HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIAS DOS DEFEITOS DA BASE .....   | 49 |
| 9  | DENDROGRAMA DA POPULAÇÃO I .....   | 57 |
| 10 | DENDROGRAMA DA POPULAÇÃO II .....  | 62 |
| 11 | DENDROGRAMA DA POPULAÇÃO III .....   | 67 |
| 12 | DENDROGRAMA DA POPULAÇÃO IV .....  | 72 |
| 13 | DENDROGRAMA DA POPULAÇÃO V .....   | 76 |

|    |   |    |
|----|---|----|
| 14 | FREQUÊNCIAS DE ALTURA MÉDIA POR PARCELA NAS<br>POPULAÇÕES I, II E IV.....                   | 84 |
| 15 | FREQUÊNCIAS DE DIÂMETRO MÉDIO POR PARCELA NAS<br>POPULAÇÕES I, II E IV .....                | 86 |
| 16 | FREQUÊNCIAS DE ALTURA DA PLANTA MAIOR POR PARCELA NAS<br>POPULAÇÕES I, II E IV .....        | 88 |
| 17 | FREQUÊNCIAS DO DIÂMETRO DE COLO DA PLANTA MAIOR NA<br>POPULAÇÃO I .....                     | 89 |
| 18 | FREQUÊNCIAS DO DIÂMETRO DE COLO DA PLANTA MAIOR NAS<br>POPULAÇÕES II E IV .....             | 90 |
| 19 | FREQUÊNCIAS DE ALTURA MÉDIA POR PARCELA NOS GRUPOS<br>1, 2 e 3 DA POPULAÇÃO V .....         | 92 |
| 20 | FREQUÊNCIAS DE DIÂMETRO MÉDIO POR PARCELA NOS<br>GRUPOS DA POPULAÇÃO V .....                | 93 |
| 21 | FREQUÊNCIAS DE ALTURA DA PLANTA MAIOR POR PARCELA<br>NOS GRUPOS DA POPULAÇÃO V .....        | 94 |
| 22 | FREQUÊNCIAS DO DIÂMETRO DA PLANTA MAIOR NOS GRUPOS DA<br>POPULAÇÃO V .....                  | 95 |
| 23 | VALORES OBSERVADOS DA RELAÇÃO H/D DA PLANTA MAIOR E A<br>FUNÇÃO OBTIDA POR REGRESSÃO .....  | 97 |
| 24 | VALORES DE H/D OBSERVADOS NA PLANTA MAIOR DO GRUPO 1,<br>POPULAÇÃO I E A FUNÇÃO GERAL ..... | 98 |

|    |   |     |
|----|---|-----|
| 25 | VALORES OBSERVADOS DE H/D E OBTIDOS POR REGRESSÃO NAS<br>PLANTAS DO GRUPO 1, POPULAÇÃO II ..... | 99  |
| 26 | VALORES DE H/D OBSERVADOS E OBTIDOS POR REGRESSÃO NAS<br>PLANTAS DO GRUPO 2, POPULAÇÃO II ..... | 100 |
| 27 | VALORES OBSERVADOS DE H/D E OBTIDOS POR REGRESSÃO NAS<br>PLANTAS DO GRUPO 1, POPULAÇÃO IV.....  | 101 |
| 28 | VALORES OBSERVADOS DE H/D E OBTIDOS POR REGRESSÃO NAS<br>PLANTAS DO GRUPO 1, POPULAÇÃO V.....   | 102 |
| 29 | VALORES OBSERVADOS DE H/D E OBTIDOS POR REGRESSÃO NAS<br>PLANTAS DO GRUPO 2, POPULAÇÃO V:.....  | 103 |
| 30 | VALORES OBSERVADOS E OBTIDOS POR REGERSSÃO NAS<br>PLANTAS DO GRUPO 3, POPULAÇÃO V.....          | 104 |

LISTA DE TABELAS

|   |  |    |
|---|--|----|
| 1 | PORCENTAGEM DE SOBREVIVÊNCIA DE PLANTAS JOVENS DE<br><i>Pinus taeda</i> OBSERVADOS POR WAHLEMBERG SOB DIFERENTES<br>GRAUS DE COBERTURA ..... | 19 |
| 2 | VARIAÇÃO DAS CARATERISTICAS MORFOLÓGICAS DE PLANTAS<br>DE <i>P. taeda</i> SOB DIFERENTES GRAUS DE COBERTURA,<br>SEGUNDO WAHLEMBERG .....     | 23 |
| 3 | DENSIDADE DAS POPULAÇÕES JOVENS DE <i>P. elliottii</i><br>AMOSTRADOS.....  | 38 |
| 4 | AUTO-VALORES E VARIÂNCIAS ABSORVIDAS POR CADA<br>COMPONENTE PRINCIPAL, PARA OS VALORES MÉDIOS POR<br>PARCELA .....                           | 51 |
| 5 | AUTO-VETORES DOS TRÊS PRIMEIROS COMPONENTES<br>PRINCIPAIS, PARA OS VALORES MÉDIOS POR PARCELA .....  | 51 |
| 6 | AUTO-VALORES E VARIÂNCIAS ABSORVIDAS POR CADA<br>COMPONENTE PRINCIPAL, PARA OS VALORES DA PLANTA MAIOR<br>POR PARCELA .....                  | 53 |
| 7 | AUTO-VETORES E COEFICIENTES $a_{ij}$ , PARA OS VALORES DA<br>PLANTA MAIOR POR PARCELA .....  | 54 |

|    |  |    |
|----|--|----|
| 8  | ESTATÍSTICAS DAS VARIÁVEIS SELECIONADAS.....   | 55 |
| 9  | MÉDIAS DAS VARIÁVEIS EM CADA GRUPO DE PARCELAS NA<br>POPULAÇÃO I E MEDIA GERAL DA POPULAÇÃO .....    | 58 |
| 10 | MÉDIAS DAS VARIÁVEIS EM CADA GRUPO DE PARCELAS NA<br>POPULAÇÃO II E A MEDIA GERAL DA POPULAÇÃO ..... | 63 |
| 11 | MÉDIAS DAS VARIÁVEIS EM CADA GRUPO DE PARCELAS NA<br>POPULAÇÃO III E MEDIA GERAL DA POPULAÇÃO .....  | 68 |
| 12 | MÉDIAS DAS VARIÁVEIS EM CADA GRUPO DE PARCELAS NA<br>POPULAÇÃO IV E A MEDIA GERAL DA POPULAÇÃO ..... | 73 |
| 13 | MÉDIAS DAS VARIÁVEIS EM CADA GRUPO DE PARCELAS NA<br>POPULAÇÃO V E A MEDIA GERAL DA POPULAÇÃO .....  | 77 |

## RESUMO

O trabalho foi desenvolvido na Floresta Nacional Capão Bonito (FLONA C.B.), de propriedade do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF), em povoamentos de *Pinus elliottii* oriundos de regeneração natural, tendo os seguintes objetivos: avaliar a densidade e distribuição de plantas em povoamentos jovens; obter parâmetros que descrevam o estágio de desenvolvimento destas plantas; avaliar algumas características que descrevam a qualidade das plantas e; analisar a estrutura dos povoamentos jovens, visando informações necessárias para o seu manejo. Foram escolhidas 5 áreas bem diferenciadas com regeneração natural de *Pinus*, sendo 4 crescendo dentro do povoamento das árvores matrizes (I, II, III e IV) e uma a céu aberto (V). A amostragem foi realizada com parcelas de tamanho variável segundo a agregação de cada população considerada, distribuídas sistematicamente na área. O tamanho da parcela foi determinado com auxílio do "diagrama de áreas vazias", procurando atingir uma alta probabilidade (90 %) de que ela contivesse ao menos uma planta jovem. Na população II não foi possível usar esta metodologia e a área foi fixada em 5 m<sup>2</sup> com a qual se atingiu uma probabilidade de 50 % de encontrar ao menos uma planta na parcela. Foram verificadas variações no número de plantas por unidade de área que abrangem de 12.000 até 572.800 pl/ha, indicando que em todas as situações estudadas a densidade foi satisfatória. A distribuição destas plantas jovens, analisada através do "diagrama de áreas vazias", mostrou ser satisfatória para a maioria das populações. Quanto à potencialidade destas plantas, foi constatado nas populações I, III e V uma boa vitalidade, enquanto nas demais observou-se uma diminuição desta. Quanto às tortuosidades, são em geral de pouca importância, sendo a população IV a que apresentou maior número de plantas deformadas. Dos defeitos estudados a tortuosidade na base das plantas apresentou as maiores frequências. As bifurcações e a presença de pontas secas ocorrem com frequência muito baixa. Como auxílio na descrição das populações estudadas utilizou-se a análise de agrupamento. Posteriormente foram realizadas comparações entre as populações, representadas pelo grupo mais importante, indicando as diferenças de desenvolvimento nas áreas consideradas. Quanto à metodologia utilizada, especialmente no que se refere a análise multivariada, constatou-se eficiência para os objetivos propostos.

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um grande exportador de madeira da América do Sul. Além das exportações de madeira serrada, as indústrias de celulose, pasta mecânica e papel aumentam consideravelmente o consumo de madeira.

Para satisfazer esta demanda surgiram muitos projetos de reflorestamento com espécies exóticas, estabelecidos através do plantio de mudas, gerando uma literatura farta a respeito, sendo porém escassa a informação sobre técnicas de reflorestamento através da semeadura natural ou artificial.

Entretanto, em países com maior tradição florestal, numerosos pesquisadores têm se preocupado em estudar qual é a melhor opção para o estabelecimento de povoamentos maduros. Assim LEA estudando a melhor opção para o estabelecimento de povoamentos de *Pinus* na Austrália, observou que, em sítios planos a melhor opção é a plantação com mudas, quando geneticamente melhoradas. Porém, nos sítios com pendentes acentuadas a regeneração natural é a única alternativa economicamente aceitável. (23)

Nos Estados Unidos existem trabalhos com resultados semelhantes demonstrando através, da análise do fluxo de capital, que optando pela regeneração natural é possível cobrir uma área maior e com taxa de retorno também maior (VAN LEAR<sup>33</sup>).



Cada método de reflorestamento ( semeadura natural ou artificial e plantio ) possui vantagens e desvantagens, que podem ser avaliadas somente dentro do contexto geral, considerando-se fatores econômicos, ecológicos, sociais, objetivos do manejo e condições da floresta (DANIEL et alii<sup>9</sup>).

O *Pinus eliottii*, como as demais espécies do gênero *Pinus*, desempenha um papel importante na sucessão secundária em seu habitat natural, sendo considerada uma espécie pioneira. Este comportamento ecológico também pode ser observado no Brasil, onde é possível encontrar regeneração natural de pinus nas mais diversas condições de sítio, desde que o povoamento das árvores matrizes atinja uma idade compatível com uma boa produção de sementes.

Estes sinais positivos da reposição natural das árvores, levam à suposição de que , esta forma de regeneração é uma alternativa no manejo silvicultural da espécie. Assim, faz-se necessário estudar o desenvolvimento e a potencialidade da regeneração natural para regenerar os povoamentos já existentes, podendo destinar os esforços de reflorestamento artificial à criação de novos recursos em áreas de aptidão florestal, sem vegetação e cuja recuperação seja urgente.

#### 1.1 OBJETIVOS

O presente trabalho, consistindo na avaliação da potencialidade da regeneração natural de *Pinus eliottii* para substituir os povoamentos maduros, tem por objetivos:

- a) avaliar a densidade e distribuição de plantas em povoamentos jovens;
- b) obter parâmetros que descrevam o estágio de desenvolvimento das plantas jovens;
- c) avaliar algumas características que descrevam a qualidade das plantas jovens;
- d) analisar a estrutura dos povoamentos jovens, visando informações necessárias para o seu manejo;

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 CONCEITUAÇÃO DE REGENERAÇÃO NATURAL

Segundo INOUE<sup>19</sup>, a regeneração natural da floresta, em seu sentido restrito, compreende o processo autógeno de perpetuação de suas espécies arbóreas. No sentido técnico, a regeneração natural é uma forma de reconstituir ou perpetuar povoamentos florestais através da disseminação natural de sementes.

Para ALONSO<sup>1</sup> a regeneração natural por sementes, consiste em aproveitar as frutificações das árvores do povoamento a regenerar, com a finalidade de constituir uma nova população. Segundo este autor, a discussão sobre os métodos de reflorestamento, tem interesse apenas acadêmico. Na prática florestal, quando é possível escolher entre os diferentes métodos, o mais racional é utilizar a regeneração natural, quando seja tecnicamente possível.

CAMPBELL & MANN<sup>5</sup> comparando os métodos de regeneração (semeaduras natural e artificial ou plantio) concluíram que, a maior dificuldade da regeneração natural é obter uma população de plantas adequada no primeiro ano. Na metade das parcelas testadas foram necessários 2 ou 3 anos para satisfazer as

exigências de densidade. Este atraso da regeneração dá à vegetação concorrente, vantagens sobre as plantas jovens de *Pinus* e retarda a produção por um ou dois anos. Porém, para tomar a decisão de qual é o melhor método, devem ser consideradas: as prováveis disponibilidades de água, condições de sítio, área a ser reflorestada e fatores econômicos, incluindo o benefício de obter mais rapidamente o estabelecimento do novo povoamento.

EDWARDS<sup>11</sup>, considera que quando comparada com o plantio, a regeneração natural tem algumas vantagens que de forma geral podem ser resumidas nos seguintes itens:

- menores custos de implantação;
- necessidade menor de equipamentos e mão-de-obra;
- adaptação das árvores matrizes ao sítio;
- menores riscos de perdas por ataque de insetos ou doenças;
- menor movimento de solo.

Entretanto o plantio tem as seguintes vantagens sobre a regeneração natural.

- máxima produção;
- possibilidade de rotações mais curtas;
- introdução de mudas melhoradas geneticamente;
- baixo risco de falha;
- melhor controle do espaçamento entre as árvores.

Segundo DANIEL et alii<sup>9</sup>, a conveniência da sementeira natural depende em grande parte, dos objetivos que se procuram alcançar com o manejo e a intensidade deste. A regeneração natural é particularmente adequada em sítios que devam

satisfazer demandas complexas, como produção de madeira, criar um habitat e/ou algum outro serviço para o homem, uma vez que estes objetivos múltiplos só podem ser satisfeitos em florestas com estrutura irregular.

Em sítios que permitam rotações mais curtas e onde a produção de madeira é o objetivo principal, deve-se examinar se são aceitáveis os maiores custos iniciais para plantação e controle da população. (9)

Comparando regeneração natural e artificial no Piedmont na Carolina do Sul, observou-se que, um proprietário pode regenerar naturalmente cinco vezes a área que poderia regenerar artificialmente, com o mesmo investimento. A taxa de retorno foi de 16,4% de seu investimento na regeneração natural e 12,2% do investimento em regeneração artificial. Nos sítios onde a regeneração precisou de um desbaste pré-comercial a taxa de retorno foi de 17,8 % e cerca de duas vezes a área reflorestada. A maior taxa de retorno neste último caso é devido à diminuição do tempo de rotação em função do desbaste pré-comercial. (VAN LEAR<sup>33</sup>)

Uma desvantagem da regeneração natural, é a menor oportunidade de melhorar a qualidade genética dos indivíduos do povoamento. (DANIEL et alii<sup>9</sup>)

### 3.1.1 Condições para o êxito da regeneração natural

O êxito da regeneração natural depende de:

- a) uma fonte de sementes adequadas;
- b) um substrato adequado; e

c) um ambiente compatível com a germinação e estabelecimento das plantas jovens.

Isto pode ser representado como um triângulo de fatores onde a falha em algum deles resulta no fracasso da regeneração. Portanto, os princípios importantes em que se baseia a regeneração são:

1) adequada quantidade e qualidade de sementes para assegurar o novo povoamento;

2) sincronizar o momento da exploração e preparo do sítio, com a produção de sementes, de modo a gerar um meio adequado à germinação;

3) criar, mediante árvores porta-sementes ou pela forma, tamanho e orientação das faixas de corte raso, o meio adequado para favorecer a germinação e sobrevivência das plântulas. (DANIEL et alii<sup>9</sup>)

## 2.2 PRODUÇÃO DE SEMENTES

Para se utilizar a regeneração natural é necessário ter a segurança de que algumas árvores do estrato superior, ou de povoamentos vizinhos, produzam uma quantidade suficiente de sementes, no momento adequado. Vários fatores influenciam a produção de sementes, os mais importantes serão discutidos a seguir.

### 2.2.1 Periodicidade da produção de sementes

As árvores em geral, não produzem abundante quantidade de sementes em anos sucessivos, pois existe uma nítida periodicidade.

JEMISON & KORSTIAN<sup>22</sup> estudando a produção e dispersão de sementes de *Pinus taeda* comprovaram que, nos oito anos observados, em dois foi produzida uma boa quantidade de sementes, em três uma quantidade média e nos três restantes a produção foi muito pequena.

Segundo WENGER & TROUSDELL<sup>36</sup>, a produção de cones de *P. taeda* varia consideravelmente de ano para ano, assim como varia também em função da localização da espécie dentro de sua distribuição natural.

Em *P. elliotii*, segundo FOWELLS<sup>13</sup>, boas produções de sementes ocorrem cerca de uma vez a cada três anos. Sendo que, produções de mais de 200 cones por árvore, não são raras em árvores grandes, em um bom ano.

GARRIDO<sup>15</sup> observando a produção de sementes de *P. elliotii* no estado de São Paulo, durante 10 anos, concluiu que, de um modo geral, após um ano de boa produção segue-se um ano de baixa produção.

JANKOVSKI<sup>21</sup> estimando a produção de sementes, baseado no número destas coletadas em armadilhas, observou que a produção de sementes de *P. taeda*, foi em média de 135 kg/ha dentro do povoamento, e apenas 30 kg/ha na faixa de 40 m a partir da bordadura, na área livre. Comparando estes resultados com outros trabalhos, generalizou que a produção de sementes no Paraná é superior à dos Estados Unidos, e que a safra de 1984 foi boa.

O fato de que, em um determinado ano ocorra uma boa produção de sementes, é definido em grande parte pela proporção de gemas que cada ano abortam, permanecem latentes

ou se desenvolvem para formar estruturas reprodutivas em lugar de vegetativas. Isto, sem dúvida, é influenciado pelo metabolismo da árvore e por fatores climáticos. Uma vez formada a gema reprodutiva, sua evolução até a formação da semente madura e viável, depende da influência que sobre ela exercem, os insetos e as doenças (DANIEL<sup>9</sup>).

#### 2.2.2 Clima

A relação que existe entre o clima e a formação de sementes varia segundo a espécie, o sítio e a época do ano. Em geral, as produções de cones que superam a média, estão associadas com condições anormalmente quentes e secas que ocorrem no momento da formação dos primórdios ( 27 meses antes da maturação dos cones) e com precipitação inusitadamente elevada durante a floração ( 15 a 18 meses antes da maturação dos cones) (DANIEL et alii<sup>9</sup>). A produção de sementes de *Pinus taeda* está possivelmente correlacionada com as chuvas de maio a julho nos Estados Unidos ( FOWELLS<sup>13</sup>).

#### 2.2.3 Espaçamento

O efeito do espaçamento é mais notável nas espécies menos tolerantes, as quais formam seus cones na porção livre das copas que estão acima do nível de contato com as outras copas do dossel (9).

HEIDMANN<sup>17</sup>, estudando a produção de sementes de *P. ponderosa*, encontrou uma correlação negativa entre o número de árvores/área e a produção de sementes.



GARRIDO<sup>15</sup> et alii, estudando a influencia do espaçamento na produção de sementes de *P. elliottii*, em sete densidades distintas: 500, 333, 250, 167, 125, 100 e 83 Árvores/ha, observou que a maior produção por unidade de área, foi conseguida com as densidades de 167 a 500 Árvores/ha e que as densidades estudadas não influenciaram a qualidade das sementes.

Nos estados da costa Atlântica Norte Americana, a produção de cones e sementes de Árvores dominantes e codominantes liberadas da concorrência, aumentou de 2 a 10 vezes, três anos após o corte, sendo que algumas Árvores, depois da liberação, atingiram 1.500 cones, embora a maioria não atingisse 500 cones. A resposta ao corte de liberação persistiu por vários anos. A produção de cones após o terceiro ano foi maior quando o corte de liberação foi feito na primavera. Cortes feitos durante o verão não refletiram na safra de cones até o quarto ano (FOWELLS<sup>13</sup>).

#### 2.2.4 Dimensões da Árvore

Árvores de *P. taeda* de diâmetros maiores, com um histórico de frutificação abundante, produzem muito mais cones após a liberação (36).

HEIDMANN<sup>17</sup> observou que, embora a produção de sementes apresente uma correlação com o diâmetro, em *P. ponderosa* esta relação não foi forte. Também aponta que, a produção de sementes não está correlacionada com a área basal.

No entanto GRANO<sup>10</sup> estudando a potencialidade da produção de cones observou que, Árvores com grandes copas

produzem mais que árvores com copas pequenas e árvores com copas densas são melhores produtoras que aquelas de copas médias ou pouco densas. Segundo o autor, em função da estreita relação entre DAP e diâmetro de copa, ao selecionar-se uma árvore em função do DAP, automaticamente seleciona-se também pelo diâmetro de copa.

Segundo WENGER & TROUSDELL<sup>36</sup> o número total de cones esta mais relacionado com o DAP que com qualquer outra dimensão da árvore, provavelmente por ser a variável que pode ser medida com maior precisão. Entretanto, segundo os autores, o melhor indicador das frutificações futuras são as frutificações passadas.

#### 2.2.5 Idade

FOWELL<sup>13</sup> considera que o *P. elliotii* raramente produz cones antes dos dez anos ou antes de atingir 10 cm de DAP, não obstante esta produção não seja significativa até os 20 anos.

Contudo GANSEL\*, citado por GARRIDO<sup>15</sup>, menciona que as árvores de *P. elliotii* começam a produção com 9 anos de idade e que esta aumenta seguindo um padrão curvilíneo até as árvores ficarem adultas. Os resultados mencionados por GANSEL estão de acordo com os observados por GARRIDO no estado de São Paulo. Porém, segundo WAKELEY<sup>35</sup>, a idade é menos determinante que as dimensões da árvore na produção de sementes.

\* GANSEL, C.R. 1977 Crow shopping in a Slash pine seed orchard. In: Proceedings of 140 South For. tree Improvement Conference. Gainesville - Flórida : 144-51

## 2.3 DISSEMINAÇÃO

A utilização da regeneração natural requer conhecimentos da auto-ecologia da espécie, no mínimo no que se refere à produção e disseminação de sementes. Este conhecimento é importante uma vez que em muitos casos pode determinar o método de regeneração a utilizar. É necessário saber não somente a distância de disseminação como também a época e período de disseminação efetiva. (1)

### 2.3.1 Queda de sementes

A compatibilização da época de preparo do sítio com a queda das sementes é fundamental quando se usa o corte raso. Se o sítio for preparado demasiadamente cedo a vegetação concorrente dominará a área antes que as plântulas possam se estabelecer; se o preparo do solo é feito tardiamente, a regeneração pode ser prejudicada. Por isto é necessário conhecer a época do início e fim da disseminação. (INOUE<sup>19</sup>)

O *Pinus taeda* começa a disseminação em meados do outono. A maioria das sementes é disseminada no inverno, embora algumas sementes continuem caindo até o fim da primavera. A viabilidade das sementes é maior no ponto da máxima dispersão, no fim do outono e as sementes disseminadas mais tarde são progressivamente menos viáveis (JEMISON & KORSTIAN<sup>22</sup>).

Segundo JANKOVSKI<sup>21</sup> a dispersão das sementes de *P. taeda* no sul do Brasil inicia na última semana de abril e cresce rapidamente até a segunda semana de julho. Até maio

foram disseminadas 3 % das sementes, 53 % até julho e 93 % até a segunda semana de outubro. O período que vai de julho a setembro é o que interessa para a regeneração natural, pois nesta época ocorre grande dispersão de sementes. A partir do fim de setembro a dispersão é pequena e praticamente não fornece sementes para a regeneração.

O clima tem algum efeito sobre o início da abertura dos cones, porém, o maior efeito das condições atmosféricas na queda das sementes está associado com picos e depressões na curva de distribuição mensal de sementes. Na Carolina do Norte condições atmosféricas quentes e secas, com ventos, incrementam a queda de sementes, entretanto com clima úmido e frio a queda de sementes é retardada. (22)

JANKOVSKI<sup>21</sup> observou também a ocorrência de picos e depressões na disseminação, causados por fatores climáticos. A variável meteorológica que apresentou uma influência constante foi a umidade relativa do ar, sendo que a temperatura e velocidade média do vento nem sempre apresentaram uma boa associação com a disseminação. De forma geral, duas ou três semanas antes da ocorrência de cada pico de disseminação, ocorreram poucas precipitações e a umidade relativa foi baixa.

#### 2.3.2 Distância de disseminação

Informações sobre a distância de disseminação das sementes em quantidades suficientes são muito importantes, quando se planeja regenerar um povoamento por cortes em faixas ou pelo método de porta-sementes. Como é de se esperar, a

quantidade de sementes dispersas varia significativamente com a distância da fonte e com a direção dos ventos predominantes (WENGER & TROUSDELL<sup>36</sup>).

Segundo ALEXANDER<sup>2</sup> a dispersão das sementes de *Picea engelmannii* é influenciada pela quantidade de sementes produzidas, distância da fonte e velocidade dos ventos predominantes. A queda das sementes não é uniforme sobre a área livre. A quantidade de sementes disseminadas decresce em forma exponencial com a distância da bordadura. Do total de sementes disseminadas nos dez anos observados, cerca da metade caiu dentro dos 30 m desde a fonte.

JANKOVSKI<sup>21</sup> observou um modelo de distribuição semelhante para *P. taeda*, sendo que o decréscimo é mais acentuado nos primeiros 15 m da bordadura. A partir desta distância o decréscimo é menor.

No interior do povoamento, o mesmo autor observou ainda, uma distribuição uniforme das sementes desde a bordadura até 20 m desta. Esta uniformidade foi causada, segundo o autor, pela ação dos ventos, concordando com o observado por ALEXANDER<sup>2</sup>, em que o número de sementes disseminadas dentro do povoamento parece estar mais influenciado pela localização do povoamento com respeito aos ventos dominantes do que por qualquer característica mensurável da fonte.

A disseminação na área livre dentro da faixa de 20 a 40 m, ocorre num período curto correspondendo a época de maior

dispersão, confirmando que a disseminação de setembro é insignificante para a regeneração, principalmente nas áreas mais afastadas (21).

Segundo FOWELLS<sup>13</sup> mais de 90% das sementes de *P. elliotii* são disseminadas dentro dos 45 m da fonte, embora algumas sementes sejam carregadas até uma distância de 75 m.

No entanto SEITZ<sup>31</sup> considerando o número de plantas contadas a diferentes distâncias da fonte constatou que a disseminação de sementes de *P. elliotii* é satisfatória até uma distância de 30 m.

## 2.4 GERMINAÇÃO E ESTABELECIMENTO

Uma adequada produção de sementes pode ser ineficiente se as condições para a germinação e o estabelecimento das plantas jovens são desfavoráveis.

O desenvolvimento das plantas, desde sua germinação até o momento do estabelecimento, é o período mais crítico do processo de regeneração; a maior proporção de mortalidade ocorre durante este período e em consequência, se quisermos aumentar o êxito da regeneração, devem ser compreendidas as características básicas do crescimento das plântulas (DANIEL et alii<sup>9</sup>)

### 2.4.1 Perda de sementes

Pássaros e roedores provavelmente consomem uma apreciável quantidade de sementes no período entre a queda das sementes e a germinação, mas não o suficiente para impedir a

regeneração natural, exceto em anos de pouca produção de sementes. Observações em parcelas protegidas e não protegidas durante um período de três anos mostraram que, roedores e pássaros consumiam 22% das sementes viáveis de *P. taeda*. A comparação da germinação na parcela protegida em relação à queda de sementes viáveis, sugeriu que muitas sementes foram perdidas por outros fatores além de roedores e pássaros (WENGER & TROUSDELL<sup>36</sup>).

FOWELLS<sup>13</sup>, considera que os danos de cones de *P. taeda* variam geralmente de 10 a 40 %, sendo maiores em povoamentos de menor extensão. A maioria dos danos são provavelmente causados pela larva de *Diorytria amatella*.

#### 2.4.2 Germinação

Na área de distribuição natural de *P. elliottii*, em anos de boa produção de sementes, muitas plântulas se estabelecem. A viabilidade das sementes é geralmente boa (50% ou mais) e a germinação ocorre aproximadamente em 15 dias. O período de germinação é mais ou menos amplo, desde o fim do outono até meados da primavera. Não obstante, novas plântulas são observadas logo após as chuvas do início do verão, depois de uma primavera seca. (13)

Em *P. taeda* a germinação começa na primavera quando a temperatura se torna favorável, geralmente quase no mesmo momento que as matrizes reiniciam o seu crescimento vegetativo. Temperaturas inferiores a 4,4 °C inibem a germinação, sendo o intervalo de temperatura mais favorável de 18 a 27 °C.

A maior germinação ocorre no início da estação de crescimento, porém, pode continuar durante o verão. (13)

Um fator crítico na germinação é a disponibilidade de umidade. Muita umidade é necessária para iniciar a germinação e sustentar a planta até o desenvolvimento da raiz. As condições de umidade são mais favoráveis em solo mineral recentemente exposto. Assim, as sementes germinam mais rapidamente em solos onde a superfície foi revolvida, quando comparados com um solo florestal que apresenta uma espessa camada de serrapilheira (WENGER & TROUSDELL<sup>36</sup>).

JANKOVSKI<sup>21</sup> estudando a percentagem de germinação em função da época de disseminação, observou que a germinação média obtida a cada duas semanas oscilou entre 63,3 e 83,6 % no período que vai de 5 de junho a 3 de outubro.

#### 2.4.3 Sobrevivência

Conforme WENGER & TROUSDELL<sup>36</sup>, as condições que são desfavoráveis para a germinação também são para a sobrevivência das plantas jovens. O número de plantas no fim do primeiro ano é mais um reflexo das condições do substrato do que da porcentagem de germinação.

Em um ano de boa produção de sementes, durante a exploração mecanizada, segundo TROUSDELL<sup>32</sup>, o solo mineral fica suficientemente exposto para uma regeneração satisfatória. No entanto, em anos de produção medíocre, é fundamental uma preparação adicional do sítio.



Trabalhando com *Pinus palustris*, CROKER<sup>6</sup> determinou que a sobrevivência é melhorada significativamente por queimas ou por tratamentos mecanizados, tanto em sítios bons como nos pobres, e que a queima como único tratamento tem grande efeito sobre a sobrevivência, dependendo da época de sua realização.

Nos E.U.A., VAN LEAR<sup>33</sup>, usou queimas periódicas para a preparação do sítio e com a finalidade de reduzir a concorrência de latifoliadas indesejadas. Esta repetição de queimas reduziu o número e o tamanho das latifoliadas. A concorrência não foi tão severa, uma vez que muitos dos brotos ocorrem em grupos de árvores de múltiplos talos. Segundo o autor, a última queima deve ser feita no fim do verão ou princípios do outono, coincidindo com a época de disseminação, para que o crescimento da vegetação competitiva não domine o local antes que as plantulas de *Pinus* possam estabelecer-se.

Na Austrália, para a regeneração de *P. radiata*, LEA<sup>23</sup> diferencia dois tipos de locais. Sítio com pendentes, onde pela ausência de concorrência e compactação do solo, depois da exploração se estabelece uma regeneração uniforme e o único tratamento adicional é o espaçamento da regeneração. Sítios planos, onde pela vegetação concorrente e compactação do solo é necessário, para melhorar a densidade, uma combinação de preparação mecanizada e aplicação de herbicida. Em ambos casos foi abandonada a queima por estimar-se que, pela perda de nutrientes que ela ocasiona, a produtividade do sítio diminui em 20%.

WAHLEMBERG<sup>34</sup> estudou a influência do povoamento matriz na sobrevivência das plantas jovens, definindo 6 classes de

luminosidade, onde as 3 primeiras classes correspondem a diferentes graus de cobertura, desde um sombreamento quase total na classe 1 quando no mínimo 95 % da parcela esta coberta pelas copas até uma cobertura de 50 % na classe 3. As 3 classes restantes, correspondem a diferentes tamanhos de clareiras, com raios que variam desde 2,3 m a 4,6 m na classe 4 até raios maiores do que 11,3 m na última classe.

Na tabela 1 são apresentados os valores da sobrevivência observados por este autor durante os 5 primeiros anos. Observa-se que no final do 2º ano 61% das plantulas sobreviveram na classe 1. No entanto nas classes com maior luminosidade este valor foi de 90 e 92%. A sobrevivência no final do 5º ano, nas classes 1 e 2 foi somente de 6 e 33%, o que é considerado insuficiente. Nas classes com maior luminosidade a sobrevivência foi de 75 e 79%. Porém somente na classe 1 a densidade média foi inferior a uma plantula por "miliacre".

Tabela 1 - Porcentagem de sobrevivência de plantas jovens de *P. taeda* sob diferentes graus de cobertura (WAHLEMBERG 34)

| IDADE | CLASSES DE LUMINOSIDADE |        |        |        |        |        |
|-------|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|       | 1                       | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      |
|       | PLANTAS/ha              |        |        |        |        |        |
| 1     | 17.641                  | 34.320 | 40.876 | 30.115 | 29.173 | 45.853 |
|       | SOBREVIVENCIA (%)       |        |        |        |        |        |
| 2     | 61                      | 71     | 85     | 90     | 90     | 92     |
| 3     | 27                      | 53     | 71     | 81     | 83     | 84     |
| 4     | 11                      | 37     | 65     | 79     | 79     | 80     |
| 5     | 6                       | 33     | 58     | 66     | 75     | 79     |

A sobrevivência, segundo WAHLEMBERG<sup>34</sup>, é muito importante porque *P. taeda* responde bem à abertura do dossel. Considera portanto, que a sobrevivência é adequada a partir da classe 3 para a contínua produção de *Pinus*, desde que sejam feitos cortes seletivos durante os 5 anos considerados.

#### 2.4.4 Quantidade de sementes necessária

A necessidade de grande número de sementes para o estabelecimento de uma planta jovem, é devida às perdas de sementes falhas na germinação e à mortandade de plantas, mesmo num bom substrato.

No Sudeste dos Estados Unidos, com remoção da serrapilheira e exposição do solo mineral, foram necessárias em média, nove sementes viáveis para o estabelecimento de uma planta durante o primeiro ano depois do corte do povoamento e da preparação do solo. Não obstante, as condições do substrato por não serem uniformes, ocasionam uma variação na quantidade de sementes necessárias. Assim, a média de nove sementes requeridas em solo nu, representa uma amplitude de 4 a 25. Em superfícies queimadas o número de sementes requeridas, foi entre 6 e 30 com média de 15. Entretanto em solo florestal não perturbado, a quantidade de sementes necessárias varia muito, desde 5 até um número não determinado muito grande, mas mesmo assim não sobrevive nenhuma planta (WENGER & TROUSDELL<sup>36</sup>).

As condições do substrato, segundo TROUSDELL<sup>32</sup>, são mais favoráveis para o estabelecimento no primeiro ano depois da exploração, ou preparo do solo, diminuindo rapidamente depois disso. Isto é refletido no aumento do número de semen-

tes necessárias no segundo ano e posteriores para o estabelecimento de uma planta jovem. Este autor determinou que, na média para os três tipos de preparo do solo estudados, foram necessárias 14 sementes no primeiro ano, 50 no segundo e 162 no terceiro, após o preparo do substrato.

#### 2.4.5 Crescimento inicial

Para assegurar o rápido estabelecimento do povoamento, as condições ecológicas devem ser favoráveis. Portanto, é necessário determinar os requerimentos ecológicos e fisiológicos das plantas, manejando o ambiente para favorecer o crescimento da espécie desejada e colocar em desvantagem as indesejáveis (DANIEL *et alii*<sup>9</sup>).

Segundo MOREY<sup>26</sup>, o crescimento em altura de *P. taeda* é periódico, com duas ou mais fases distintas de crescimento, separadas por períodos de inatividade.

Nos Estados Unidos, segundo FOWELLS<sup>13</sup>, o crescimento em altura paraliza no fim do verão, antes que a temperatura do ar se torne desfavorável, aparentemente em resposta ao período de dias mais curtos. Entretanto o reinício do crescimento é principalmente uma resposta ao aumento da temperatura do ar, porém influenciado também pela temperatura do solo.

O melhor crescimento ocorre quando a temperatura da noite é 12 a 13 °C menor que a temperatura do dia. Assim, o atraso no crescimento em altura no verão pode ser devido, em parte, à alta temperatura noturna (13).

O crescimento da raiz também apresenta uma periodicidade, determinada pela atividade da copa e por condições do

solo; se as condições são favoráveis, o sistema radicial pode desenvolver-se durante todo o ano. Os dois fatores que geralmente limitam o crescimento da raiz são a tensão de umidade do solo e as baixas temperaturas do solo durante o inverno. Em consequência o padrão de crescimento estacional da raiz é geralmente bimodal, com uma atividade mínima no meio do inverno e do verão (DANIEL et alii<sup>9</sup>).

As condições da superfície do solo, segundo WENGER & TROUSDELL<sup>36</sup>, afetam não somente a germinação e sobrevivência, como também o crescimento em altura no primeiro ano. Plantas de um ano, foram mais altas em superfícies severamente queimadas, que em sítios queimados superficialmente e onde o solo florestal não foi perturbado. Estas diferenças são causadas provavelmente, segundo os autores, porque em superfícies mais favoráveis, a germinação ocorre mais cedo, resultando numa maior estação de crescimento inicial.

As condições de luz também afetam o crescimento dos *Pinus*. Assim FOWELLS<sup>13</sup>, considera que as latifoliadas tem vantagens na concorrência, tanto na maior taxa fotossintética, como na possibilidade de atingir esta maior taxa, com menor luminosidade do que *Pinus*, onde esta taxa máxima de fotossíntese só é atingida com baixa luminosidade durante o primeiro ano. A partir do segundo ano a máxima taxa é conseguida com luminosidade superior às latifoliadas. Além disto sob cobertura, *P. taeda* não produz um sistema radicial suficientemente desenvolvido para suprir as necessidades de umidade. Uma vez que, baixas intensidades de luz e baixa umidade do solo, ocorrem frequentemente nas condições

naturais, os *Pinus* são mais afetados pela concorrência do que as latifoliadas. Portanto, durante o primeiro ano, o fator determinante para a regeneração de *P. taeda* é a disponibilidade de umidade e a partir do segundo ano, a luz é o fator determinante.

Na tabela 2 são apresentados os resultados obtidos por WAHLEMBERG<sup>34</sup> estudando a influência do povoamento matriz no desenvolvimento de *P. taeda*

Tabela 2 - Variação das características morfológicas de plantas de *Pinus taeda* sob diferentes graus de cobertura, segundo WAHLEMBERG.

| VARIAVEIS              |       | CLASSES DE LUMINOSIDADE |       |        |        |        |       |
|------------------------|-------|-------------------------|-------|--------|--------|--------|-------|
|                        |       | 1                       | 2     | 3      | 4      | 5      | 6     |
|                        | Unid. | NO 3º ANO               |       |        |        |        |       |
| ALTURA MEDIA           | (cm)  | 15,54                   | 21,03 | 33,83  | 36,88  | 44,50  | 63,0  |
| ALTURA da PLANTA MAIOR | (cm)  | 18,29                   | 31,70 | 50,29  | 52,12  | 67,06  | 101,8 |
| DIAMETRO de COLO MEDIO | (cm)  | 2,54                    | 2,79  | 4,06   | 4,06   | 5,08   | 7,4   |
| NUMERO MEDIO de GALHOS | (NO)  | 0,00                    | 1,20  | 2,10   | 2,20   | 2,70   | 5,7   |
|                        |       | NO 5º ANO               |       |        |        |        |       |
| ALTURA MEDIA           | (cm)  | 28,96                   | 45,41 | 75,59  | 79,86  | 102,72 | 154   |
| ALTURA DA PLANTA MAIOR | (cm)  | 29,87                   | 60,35 | 104,24 | 104,24 | 152,09 | 245   |
| DIAMETRO de COLO MEDIO | (mm)  | 3,30                    | 5,33  | 9,14   | 9,65   | 12,45  | 19    |
| NUMERO MEDIO de GALHOS | (NO)  | 0,60                    | 1,90  | 4,40   | 4,80   | 9,60   | 1     |

Observa-se que, as diferenças entre as distintas classes de luminosidade, são mais evidentes na planta maior por parcela que nos valores médios da população. A classe 6, com maior luminosidade é a que apresenta as plantas mais vigorosas, e a classe 1 com sombreamento quase total, as piores. Também é importante que na classe 3 as plantas jovens, crescem quase tão bem como plantas em pequenas clareiras,

classe 4. Segundo este autor, o crescimento em altura e o desenvolvimento geral é satisfatório a partir da classe 3, sendo sempre menor nas classes 3 e 4, que nas classes 5 e 6.

No entanto, ZEIDE<sup>37</sup> observou que as árvores adultas situadas em torno de uma planta jovem, a uma distância de no máximo 25 vezes seu diâmetro, exercem um efeito decisivo no crescimento da planta jovem.

## 2.5 METODOS PARA AVALIAÇÃO DA REGENERAÇÃO NATURAL

Segundo CAMPBELL<sup>5</sup> é difícil definir critérios para julgar o sucesso ou falha da regeneração de Pinus, porque eles variam com a espécie, sítio e objetivos do manejo. Não obstante, certas características do povoamento podem contribuir para a avaliação do êxito de uma regeneração natural.

### 2.5.1 Densidade e distribuição

O povoamento deve contar com uma população adequada em termos de número de plantas jovens por hectare e estas devem estar convenientemente distribuídas dentro da área.

Segundo BARROS<sup>4</sup> o conhecimento da dispersão ou distribuição da população é importante porque o grau de agregação dos indivíduos pode ter maior impacto sobre a população que o número médio por unidade de área.

Para a avaliação expedita da densidade geralmente se utilizam parcelas de um miliacre (4,04 m<sup>2</sup>). Quando 40% das parcelas estão ocupadas, é considerada satisfatória a ocupação da área. Assim CAMPBELL<sup>5</sup> usando este método comparou a

regeneração de *P. taeda* por sementeira natural e sementeira artificial definindo como limite inferior de aceitação 50 % das parcelas ocupadas ao fim do primeiro ano.

DERR & MANN\* citado por HÜ<sup>18</sup>, consideram que o critério mínimo comumente aceito é 55% das parcelas ocupadas, mas COX<sup>7</sup>, considera que neste caso existe o perigo de se avaliar uma área como sendo bem estocada enquanto, na realidade, pode ocorrer uma distribuição da regeneração bastante desfavorável.

Mesmo que as plantas mostrem uma tendência à agregação e a uma heterogeneidade representada por grandes falhas, obtém-se com parcelas pequenas, um número semelhante de indivíduos estocados, como numa população distribuída aleatoriamente ou mesmo regularmente. Se ao contrário, forem usadas parcelas maiores, então o risco é respectivamente menor (7).

Segundo COX<sup>7</sup>, com ajuda de tabelas de rendimento ou valores de experiência, pode-se determinar o tamanho mais apropriado das parcelas, que assegure uma expressão ideal para um dado estágio de desenvolvimento. Quanto mais forte é a agregação, tanto mais importante será o tamanho da parcela e a percentagem de parcelas estocadas necessárias.

Segundo este autor, o método das parcelas estocadas é limitado na sua capacidade de expressão da distribuição, pois depende do tamanho, forma da parcela e da densidade. Para avaliação da distribuição da regeneração é conveniente a utilização de um método que considere o tamanho e abundância

\* DERR, H.J. & MANN, W.F. Jr. 1971. Direct-seeding pines in the south. U.S.D.A. For. Serv. Agric. Handb. 391 p.



das falhas. Para isso, há necessidade de um método cujo tamanho de parcela pudesse adaptar-se dinamicamente à densidade. Esta possibilidade oferecem os métodos de distâncias.

As técnicas de avaliação dos resultados da regeneração devem, segundo SEITZ<sup>29</sup>, ser baseadas em estudos que forneçam dados sobre a distribuição e magnitude das áreas desocupadas. Uma vez que a ocupação destas áreas têm importância fundamental para o sucesso da técnica de regeneração.

Através da medição das distâncias entre pontos quaisquer e a planta mais próxima, pode-se, com auxílio do diagrama de áreas vazias, conhecer a distribuição e tamanho das áreas desocupadas numa população de plantas jovens.

Ainda SEITZ<sup>30</sup>, estudando a regeneração de *Araucaria angustifolia*, usou o diagrama de áreas vazias para determinar a distribuição das plantas jovens e o tamanho da parcela de amostragem, por considerar que o mesmo permite definir a área da parcela e a probabilidade respectiva de encontrar ao menos um indivíduo da população amostrada.

#### 2.5.2 Desenvolvimento da regeneração

Para analisar a regeneração, interessa não somente o número e distribuição das plantas jovens, como também como estas estão crescendo e a sua potencialidade.

HU<sup>18</sup>, usou como variável de comparação entre diferentes métodos de regeneração a altura média e o diâmetro médio ao nível do solo, das plantas dominantes (não dominadas por latifoliadas).

Segundo SEITZ<sup>30</sup>, a forma mais simples de obter informações sobre o desenvolvimento da regeneração natural, é a análise da estrutura hipsométrica e da estrutura etárea.

Para determinar o desenvolvimento das plântulas de *P. taeda*, VAN LEAR<sup>33</sup> utilizou o diâmetro do colo e a análise da distribuição de alturas. WAHLEMBERG<sup>34</sup>, comparando o crescimento de plântulas sob diferentes intensidade de luz, usou a altura média e o diâmetro de colo médio, assim como a altura da planta maior e o número de galhos. Segundo este autor a planta maior por parcela, tem uma grande importância uma vez que existe uma marcada diferenciação das plantas dominantes desde cedo (ver tabela Nº 2, pag 23)

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido na FLORESTA NACIONAL DE CAPÃO BONITO (FLONA C.B.), de propriedade do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (I.B.D.F.). Situa-se no município de Capão Bonito, estado de São Paulo a  $23^{\circ} 57' S$  e  $48^{\circ} 30' W$ , no Km. 25 da rodovia Capão Bonito-Itapeva. A altitude média local é de 700 m acima do nível do mar e o relevo suavemente ondulado. Os solos são em geral do tipo Latossolo.

Segundo a classificação de Koeppen, o clima da região é do tipo Cfb (subtropical de região serrana, úmido e sem estiagem), com 1200 mm de precipitação média anual, sendo a temperatura média anual de  $18,5^{\circ}C$ , o mês mais quente é janeiro, com  $29^{\circ}C$  em média e o mês mais frio junho, com média de  $9^{\circ}C$ .

#### 3.1 Caracterização da área de estudos:

Na escolha das áreas de estudo tentou-se abarcar os extremos em relação às condições de crescimento de povoamentos jovens de *Pinus elliottii*.

Foram escolhidas 5 áreas bem diferenciadas, 4 com cobertura arbórea do povoamento matriz e uma a céu aberto, com populações de *Pinus* oriundas de regeneração natural.

Area I: Um talhão porta-sementes plantado em 1959 numa antiga área de campo com um espaçamento inicial de 2 por 2 m e que sofreu 5 desbastes remanescendo atualmente 80 árvores por hectare, com uma área basal de 11,17 m<sup>2</sup>/ha.

Como este povoamento foi destinado à produção de sementes, foi necessária uma roçada no final do ano de 1984 e início de 1985, preparatória para o último desbaste, no qual foram deixadas as melhores árvores bem distanciadas para uma boa produção de sementes.

Area II: O mesmo talhão porta-sementes da área anterior, porém plantado numa antiga área de capoeira onde se observa uma abundante regeneração da vegetação nativa.

Area III: Um talhão plantado em 1969 numa área de campo com espaçamento inicial de 2 por 1,5 m, onde foram efetuados dois desbastes, em 1980 e 1985 remanescendo 600 árvores por hectare com uma área basal de 25,92 m<sup>2</sup>/ha, no momento da coleta dos dados.

Area IV: Um talhão plantado em 1964 com espaçamento inicial de 2 por 2 m. com desbastes nos anos, 1973, 1980 e 1984 remanescendo 500 árvores por hectare, com uma área basal de 34,43 m<sup>2</sup>/ha. A vegetação original também era campo.

Area V: Uma área contígua a um talhão de *Pinus*, sem cobertura vegetal, com solo compactado e regeneração de *Pinus* crescendo a céu aberto.

### 3.2 OBTENÇÃO DOS DADOS

#### 3.2.1 Distribuição das plantas jovens

Para a análise da distribuição das plantas na área foram realizados os diagramas de áreas vazias a partir de um mínimo de 30 distâncias entre pontos distribuídos sistematicamente e a planta de *Pinus* jovem mais próxima a cada ponto, até uma distância de 10 m, seguindo as recomendações dadas por SEITZ<sup>29</sup>.

Foram incorporadas retas teste, as quais facilitam a interpretação dos diagramas. Estas retas foram calculadas em função de uma distribuição ao acaso de populações com diferentes densidades conhecidas

Na avaliação da regeneração foram consideradas as áreas sem plantas e em função de limites para estas áreas e a sua probabilidade de ocorrência, aceitar ou desprezar esta regeneração. Se adotou como limite para as parcelas a área de 4 m<sup>2</sup>, por ser esta a área geralmente utilizada no "método das parcelas ocupadas" e também para poder comparar com os critérios para aceitação citados por diferentes autores, usando esta metodologia.

#### 3.2.2 Método de amostragem

No "diagrama de áreas vazias" foi obtida a área da parcela, com a qual se obtém uma alta probabilidade de encontrar ao menos uma planta jovem na parcela. Assim nas populações I, III e IV, esta área foi de 1 m<sup>2</sup> e na população V

de 3 m<sup>2</sup>, atingindo probabilidades em torno de 90 % ou maiores de encontrar ao menos uma planta na parcela.

Na população II não foi possível este procedimento, uma vez que, para atingir a probabilidade de 90 % a área da parcela teria que ser muito grande. Portanto optou-se por uma parcela de 5 m<sup>2</sup>, com a qual se atinge pouco menos que 50 % de probabilidade de encontrar ao menos uma planta na parcela.

As parcelas foram distribuídas sistematicamente ao longo de linhas na área, com um distanciamento de 15 m entre as parcelas e de 30 m, entre as linhas de amostragem. Foram avaliadas 40 parcelas nas populações III e V, 50 nas populações I e IV e 65 parcelas na população II.

### 3.2.3 Avaliação da densidade

Para determinar a densidade de plantas jovens nas populações, foram contadas todas as plantas dentro das parcelas distribuídas sistematicamente em cada situação testada.

Não se conhece a densidade ótima, para a regeneração natural de *Pinus* e a comparação com povoamentos implantados foi descartada por considerar-se que as condições de crescimento são totalmente diferentes.

### 3.2.4 Variáveis analisadas

Nas plantas jovens de *Pinus* que estavam presentes nas parcelas, foram medidos:

- altura;
- diâmetro de colo, ( 10 cm de altura );
- diâmetro na metade da altura total;
- diâmetro à altura do peito ( DAP ) quando possível.

Na planta maior de cada parcela, além das variáveis anteriormente mencionadas foram medidas:

- distância entre verticilos
- número de galhos por verticilo
- diâmetro do galho maior por verticilo
- comprimento do galho maior
- idade

Esta última variável foi determinada no laboratório através da contagem do número de anéis com auxílio de lupa.

Para a avaliação da qualidade das plantas de regeneração natural foram consideradas as seguintes variáveis:

- Tortuosidade: definida como a flecha produzida entre o arco ( a deformação do fuste ) e a linha reta. Foi medida em todas as plantas da parcela, sendo agrupadas em classes de 1cm de amplitude.

- Vitalidade: esta variável foi avaliada qualitativamente segundo uma escala com 3 classes de vitalidade definidas em função do fenótipo das plantas, considerando especialmente a altura da planta em relação à altura média na parcela e ao diâmetro do fuste.

classe 1: (vitalidade boa) as plantas mais vigorosas da parcela, que não apresentam nenhum sintoma de debilidade;

classe 2: (vitalidade média) plantas menos vigorosas que as anteriores, caracterizam as condições médias da parcela,

podendo apresentar algum pequeno sinal de debilitação;

classe 3: (vitalidade ruim) plantas com perda de vigor, apresentando sinais evidentes de debilitamento.

A partir das variáveis medidas no campo foram geradas as seguintes variáveis no laboratório:

- somatório das alturas dentro de cada parcela;
- somatório dos diâmetros de colo em cada parcela;
- somatório dos diâmetros medidos na metade da altura total;
- relação altura-diâmetro considerando o diâmetro de colo;
- relação altura-diâmetro considerando o diâmetro medido na metade da altura total;
- somatórios das relações altura-diâmetro.

### 3.3 Análise dos dados

#### 3.3.1 Análise de componentes principais

Através da análise de componentes principais, foram descartadas aquelas variáveis que apresentavam correlação entre si ou que absorviam pouco da variação total dos dados, para posteriormente utilizar as variáveis mais importantes na análise de agrupamento.

Pelo objetivo do presente trabalho, definiu-se que as variáveis escolhidas, deveriam ser as mesmas em todas as populações estudadas.

Na determinação do número de auto-vetores (componentes) a serem utilizados, se trabalhou simultaneamente com dois critérios; atingir em torno de 90 % da variação total dos



dados originais e a definição de um valor mínimo do auto-valor de 0,7, segundo o recomendado por MARDIA<sup>25</sup>.

Com relação ao procedimento de seleção das variáveis se seguiram as recomendações dadas por ISEBRAND & CROW<sup>20</sup>, associando uma ou mais das variáveis consideradas com cada um dos auto-vetores. Isto significa escolher o coeficiente (ou coeficientes), com maior valor absoluto em cada auto-vetor, começando com o primeiro auto-vetor.

No entanto, a variável associada com um auto-vetor, não pode estar associada com um vetor anterior( quando isto acontece, é escolhido o segundo maior coeficiente).

Quando através desta metodologia resultava complexa a escolha das mesmas variáveis para todas as áreas estudadas, foram analisados os auto-vetores que seriam descartados e se constatou quais as variáveis que estavam associadas com estes vetores. Isto também serviu de orientação para variáveis com coeficientes próximos.

### 3.3.2 Análise de agrupamento

A "Cluster analysis" na prática é precedida muitas vezes pela análise dos componentes principais, a qual tem como finalidade auxiliar na escolha das variáveis para a análise de agrupamento.

Segundo GAMMA<sup>14</sup>, nesta análise devem ser evitadas, na medida do possível, as seguintes situações:

- Variáveis padronizadas, quando se utiliza a distância euclidiana.
- Variáveis intercorrelacionadas.

- Excessivo número de variáveis que ampliam exageradamente o volume do cálculo, tornando, em alguns casos o estudo impossível.

Um outro problema associado às variáveis é a padronização das mesmas. Portanto, trabalhou-se com a distância euclidiana, a qual segundo esse autor, é uma variante para padronização dos dados.

Para GAMMA<sup>14</sup> na determinação do número de grupos ( $g$ ) se encontram duas situações: a primeira é quando o número de grupos é fixado a priori, pelo objetivo ou natureza do problema; a segunda é quando, não havendo esta fixação, é necessário determinar-se este número, de forma a obter o máximo da análise. Segundo este autor no estágio atual do desenvolvimento da análise de agrupamento, apesar dos diversos estudos realizados, não há ainda um método ou procedimento satisfatório para esta determinação.

Optou-se por analisar os resultados obtidos da análise efetuando o corte do dendrograma no ponto onde as distâncias entre os agrupamentos começam a incrementar marcadamente, segundo o recomendado por FERREIRA & LIMA<sup>12</sup>.

3.3.2.1 Análise dos grupos: Esta análise teve como objetivo ajudar na descrição dos agrupamentos, assim como identificar os possíveis fatores causadores das grandes variações observadas na população. Fundamentou-se na comparação entre os grupos, daquelas variáveis que apresentaram valores extremos, sendo portanto de particular importância no agrupamento.

### 3.3.3 Comparação dos grupos mais importantes de cada área

A presença de várias populações com a mesma idade permitiu a comparação do desenvolvimento da regeneração natural em diferentes condições de crescimento. Foram analisados através de comparações de histogramas de frequências da altura e diâmetro médio por parcela e da altura e diâmetro de colo da planta maior por parcela. A população V, pela presença de vários grupos com características particulares, foi considerada separadamente sendo feitas comparações entre os grupos mais importantes.

### 3.3.4 Relação altura-diâmetro

Os valores desta variável da planta maior por parcela foram comparados entre as diferentes populações com a finalidade de obter uma variável que quantificasse as diferenças em vitalidade observada nas diferentes áreas.

Esta análise foi efetuada através da comparação da tendência geral dos dados, obtida através de cálculos de regressão e dos valores por parcela.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

##### 4.1 DENSIDADE E DISTRIBUIÇÃO DAS PLANTAS NO POVOAMENTO JOVEM

A avaliação da densidade de plantas jovens e de sua distribuição na área é o ponto inicial na análise da regeneração natural, uma vez que se necessita um número suficiente de plantas e estas devem estar distribuídas de forma tal, que garantam uma densidade suficiente de árvores no povoamento futuro.

Na contagem das plantas jovens nas parcelas de amostragem, foram verificadas grandes variações no número de plantas por unidade de área (tabela 3). Na área com regeneração mais intensa a densidade foi de 572.800 pl/ha, enquanto na área com a regeneração em concorrência com os estratos arbustivo e herbáceo, a densidade foi de 12.000 pl/ha. Este número de plantas é bem superior ao utilizado nos plantios convencionais (2.000 - 2.500 pl/ha). Portanto do ponto de vista do número de plantas jovens, a regeneração natural sempre foi satisfatória.

Tabela 3 - Densidade das populações jovens de *Pinus elliottii* amostradas

| POPULAÇÃO               | I       | II     | III     | IV     | V      |
|-------------------------|---------|--------|---------|--------|--------|
| Plantas/ha              | 572.800 | 12.600 | 280.200 | 74.000 | 22.200 |
| Plantas/ m <sup>2</sup> | 57,28   | 1,26   | 28,02   | 7,40   | 2,22   |
| desvio padrão           | 29,64   | 3,76   | 19,12   | 11,11  | 3,18   |
| C.V. (%)                | 51,74   | 299,14 | 68,21   | 150,12 | 142,91 |
| Nº de parc. amostradas  | 50      | 65     | 40      | 50     | 40     |

Quanto à distribuição das plantas jovens, utilizou-se o diagrama de áreas vazias para avaliar a distribuição das plantas nas diferentes áreas estudadas.

Na figura 1 observa-se que na população I as retas teste (características de uma distribuição aleatória com densidade definida) mostram uma densidade de 220.000 plantas/ha distribuídas aleatoriamente. Porém a densidade real desta população é muito maior, demonstrando que existe uma forte agregação entre as plantas jovens. A alta densidade permite no entanto desconsiderar esta agregação, uma vez que a probabilidade de encontrar uma área de 0,5 m<sup>2</sup> ou maior sem planta é menor que 2 %.

Das retas teste da figura 1, pode-se estimar para a população III uma densidade maior que 80.000 pl/ha distribuídas agregadamente na área. Comparando-se este valor com a densidade real de 280.200 pl/ha, se evidencia a alta agregação da população valendo o que foi dito para a população I, que esta agregação pode ser desprezada considerando que a densidade e a probabilidade de encontrar uma área de 0,5 m<sup>2</sup> ou

mais sem plantas é menor que 3 %. Como as plantas são muito jovens, sendo este o primeiro ano de crescimento e o sítio não foi totalmente ocupado, a continuação do processo de regeneração é esperado.

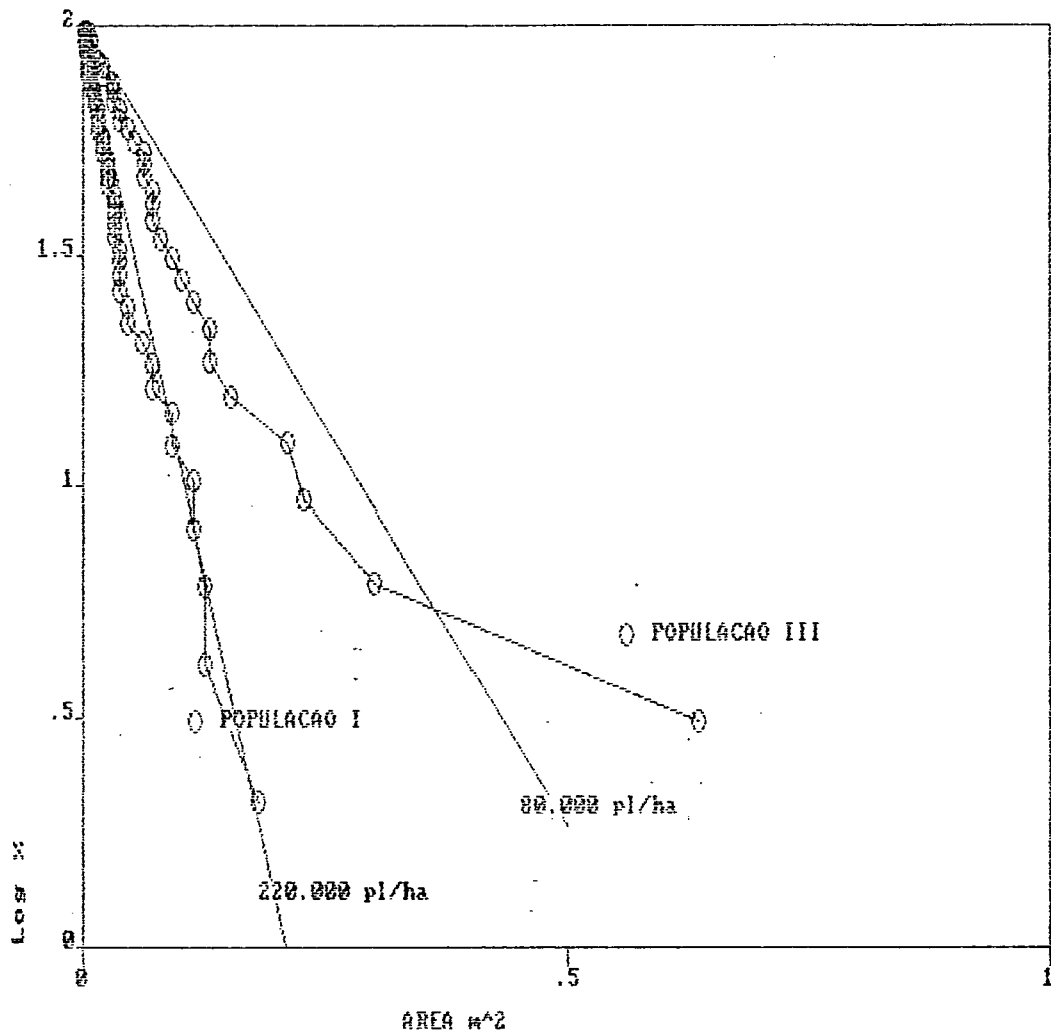


Figura 1 - Diagrama de áreas vazias das populações I e III, com retas teste para populações distribuídas aleatoriamente sobre a área.

As retas teste da figura 2 sugerem para a população II uma densidade em torno de 1000 plantas/ha distribuídas com tendências de aglomeração, porém os grupos distribuídos mais

sistematicamente. No entanto ao comparar este valor com a densidade real de 12.000 plantas/ha. constata-se que de fato as plantas estão mais aglomeradas. Enquanto que a forma da curva mostra a existência de grandes áreas sem plantas, uma vez que a probabilidade de encontrar uma área vazia igual ou maior que 5 m<sup>2</sup> é de 53 % e uma área de 20 m<sup>2</sup> sem plantas ainda tem uma probabilidade de 20 % de ocorrência .

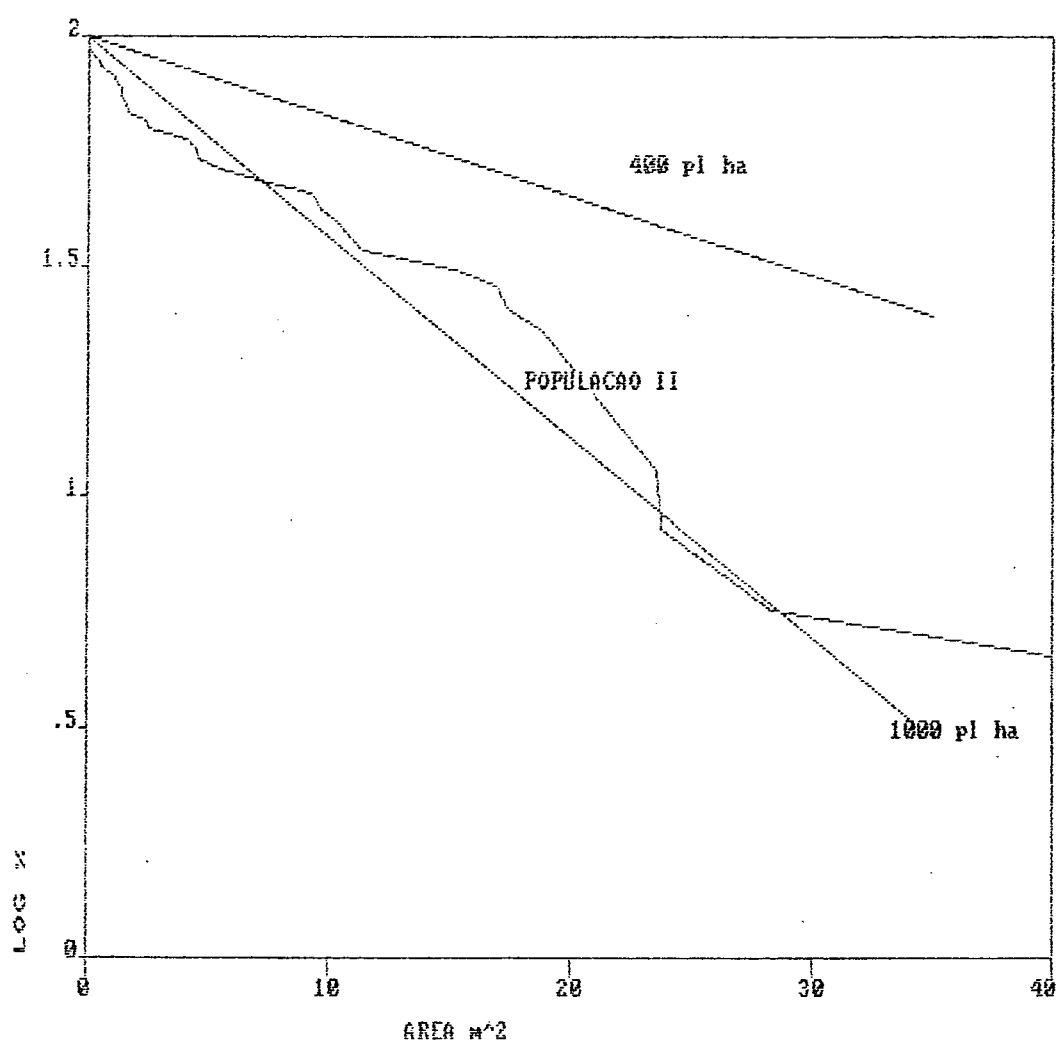


Figura 2 - Diagrama de áreas vazias da população II com retas teste.

Tomando-se uma área de 4 m<sup>2</sup>, esta tem 58 % de probabilidade de estar vazia. Ou seja, em 42 % dos casos esta parcela está ocupada por pelo menos uma planta. Comparando estes valores com os apontados por DERR & MANN\* citado por HU<sup>18</sup>, que definem em 55 % a probabilidade de ocupação de parcelas equivalentes ( os miliares ) para aceitar a regeneração natural, podemos concluir que, ainda com uma densidade aparentemente alta de 12.000 pl/ha, esta regeneração natural é insatisfatória pela presença de grandes áreas sem plantas.

Este resultado coincide com o citado por vários autores que consideram necessária a preparação do sítio a ser regenerado algum tempo antes da queda de sementes possibilitando que a regeneração de *Pinus* domine a área antes do estabelecimento de uma forte concorrência com a regeneração da vegetação nativa.

A curva de distribuição das áreas vazias na população IV (figura 3 ) tem pontos irregularmente distribuídos e forma concava, indicando a distribuição aglomerada das plantas jovens, típica nas florestas naturais. Nesta população a probabilidade de encontrar uma área sem plantas igual ou maior que 4 m<sup>2</sup> é de 9 % e no caso de 1 m<sup>2</sup>, que foi a área amostrada, é de 11,25 %.

Na população V a distribuição dos pontos é mais uniforme e, embora a densidade seja menor, não ocorrem áreas vazias muito grandes. A probabilidade de encontrar uma área de

\* DERR, H.J. & MANN, W.F. Jr. 1971 Direct-seeding pines in the south. U.S.D.A. For. Serv. Agric. Handb. 391 p.



4 m<sup>2</sup> ou maior sem plantas é 3,6 %. Já a probabilidade de encontrar uma área de 3 m<sup>2</sup> vazia, igual à área das parcelas de amostra, é 8,5 %.

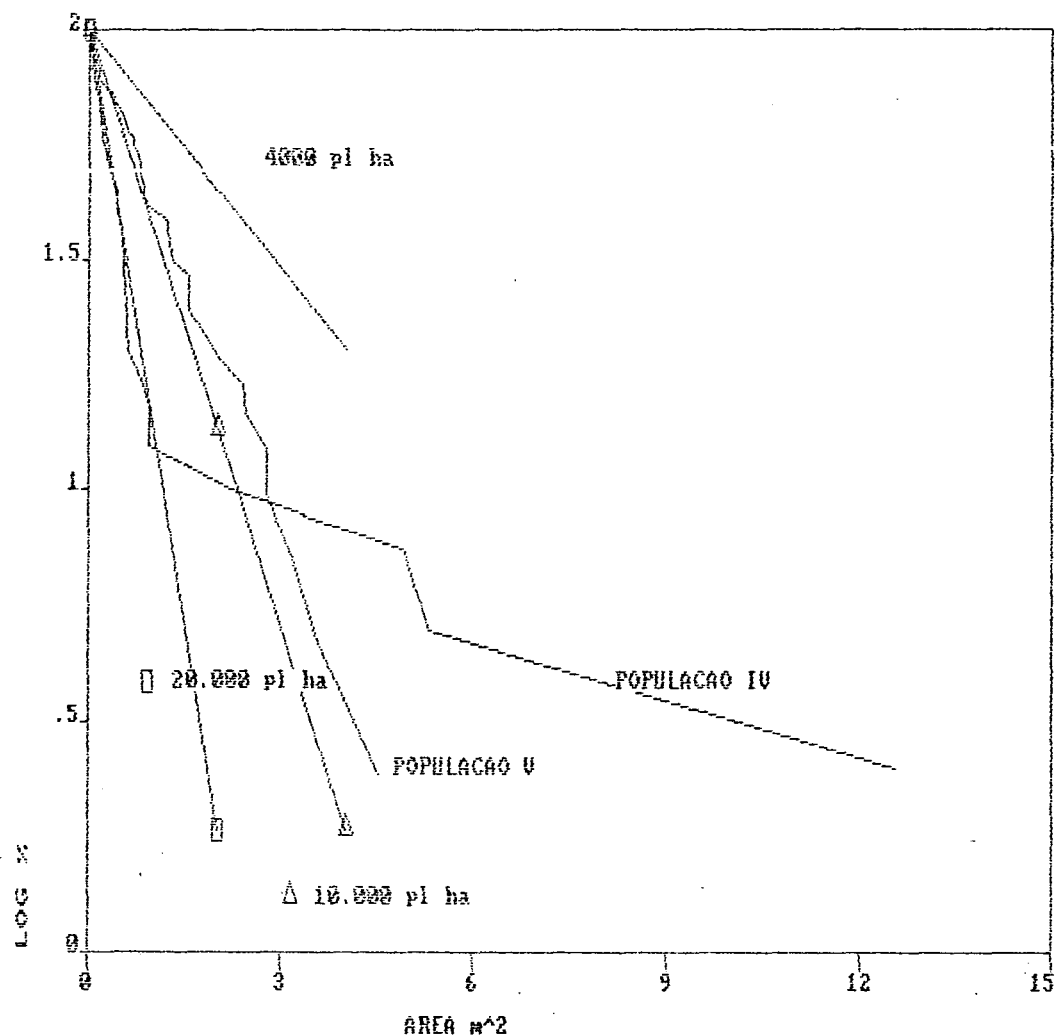


Figura 3 - Diagrama de áreas vazias das populações IV e V com retas teste.

Portanto podemos concluir que, nestas duas populações tanto a densidade como a distribuição das plantas na área são satisfatórias para assegurar a regeneração natural do povoamento matriz.

## 4.2 CARATERISTICAS QUALITATIVAS DAS PLANTAS

Na análise da regeneração natural não bastam as informações relativas à distribuição e densidade das plantas jovens. Interessa também, o desenvolvimento destas plantas nas diferentes condições de sítio.

### 4.2.1 Vitalidade

Segundo ANDRAE<sup>3</sup>, vitalidade significa a resistência, fertilidade, capacidade produtiva e longevidade de um ser vivo dentro das condições ambientais de um determinado local. Numa floresta natural, ela se manifesta pela maior ou menor afinidade de uma espécie aos fatores ecológicos de seu ambiente.

Em todas as plantas nas parcelas foi estimada a vitalidade, segundo a escala anteriormente descrita (pag. 32). No histograma da fig 4 são representadas as frequências por classes para cada população.

É importante destacar que este parâmetro foi avaliado subjetivamente e portanto a classificação pode variar de um sítio para outro. Assim, uma planta de vitalidade 1 no sítio de desenvolvimento fraco (população IV) possivelmente não seja incluído na mesma classe de vitalidade num sítio bom (população I).

Como podia ser esperado, pela definição das classes de vitalidade, em geral a classe 2 é a que ocorre com maior frequência. Isto é particularmente evidente na população III, porém neste sítio a frequência da classe 1 é maior do que a

frequência da classe 3. A situação mais equilibrada é encontrada na população I onde se observam aproximadamente as mesmas frequências nas classes 1 e 3. Nestes dois sítios a densidade é extremamente alta e as áreas sem plantas são pequenas, portanto podem ser desprezadas as plantas de vitalidade inferior. Só considerando-se as duas primeiras classes, atingem-se 79 e 70 % do número total de plantas respectivamente.

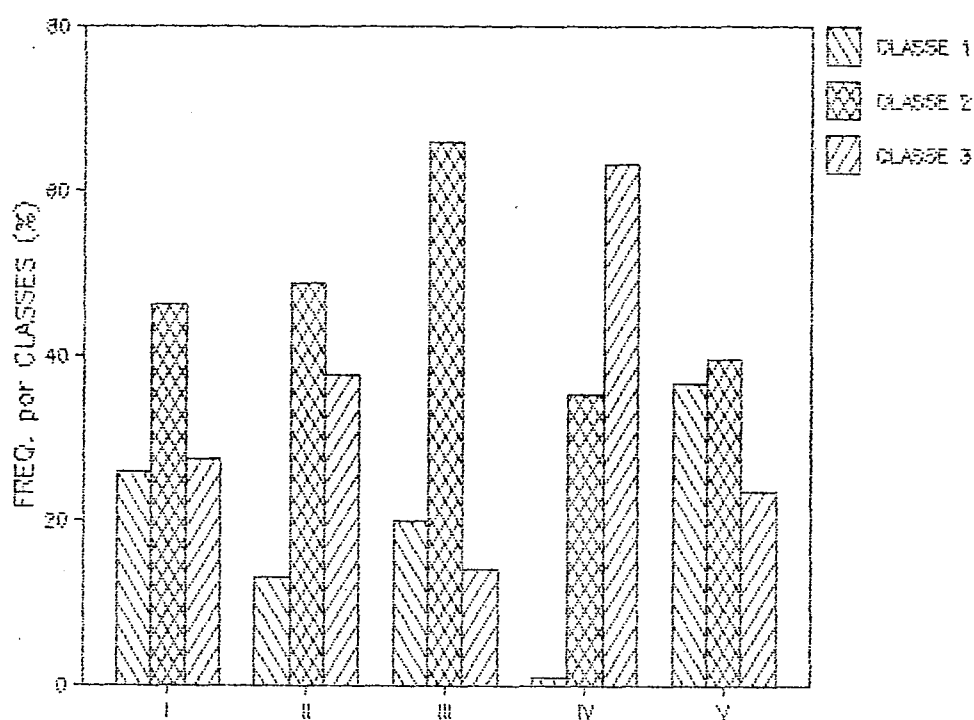


Figura 4 - Histograma de frequências das classes de vitalidade nas 5 populações de *P. Elliottii*.

Uma situação semelhante se observa na população V, onde as duas primeiras classes reúnem 76 % do total de plantas amostradas, porém deve ser considerado que, nesta população existem áreas vazias de maior tamanho.

Entretanto na população II, as classes 2 e 3 são as observadas com maior frequência. Considerando somente as duas primeiras classes de vitalidade, estas agrupam 56 % das plantas amostradas. Isto é agravado pela existência de grandes áreas sem plantas nesta população, portanto é evidente a necessidade de intervenção nesta área.

Na população IV a situação é extrema. Na classe de vitalidade 3 foi observada a maior frequência de plantas, e somente 36,7 % nas classes 1 e 2. Portanto, ainda com uma densidade e distribuição satisfatória, nesta população jovem 63 % das plantas são de baixa vitalidade, evidenciando uma boa sobrevivência após a germinação porém com condições de crescimento impróprias.

#### 4.2.2 Tortuosidade

Esta variável foi medida, considerando o desvio do fuste em relação à vertical, em todas as plantas de vitalidade 1 e 2, por se considerar que são estas as que realmente interessam para o novo povoamento.

No histograma da figura 5 são apresentadas as frequências das classes de tortuosidade, agrupadas em classes de 1 cm de amplitude. Observa-se que na classe 1 que agrupa tortuosidades de até 1 cm. encontra-se o maior número de plantas. Isto é particularmente evidente na população III onde 85,4 % do total de plantas das classes de vitalidade consideradas tiveram tortuosidade menor que 1 cm. Considerando a pouca idade das populações analisadas, é de se esperar que

esta tortuosidade seja absorvida pelo crescimento em diâmetro futuro, desde que este defeito não seja de caráter genético.

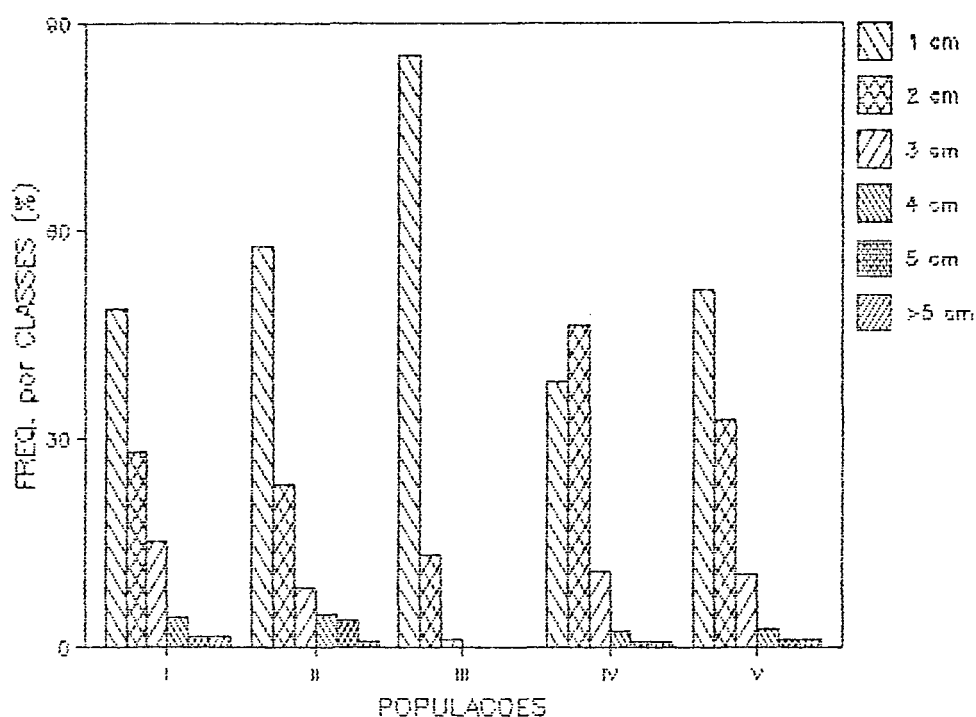


Figura 5 Frequências das classes de tortuosidade por população, das plantas de classes de vitalidade 1 e 2.

Somente na população IV ocorre uma maior acumulação na classe 2, mostrando novamente que estas plantas são menos vigorosas e as condições de crescimento inadequadas neste sítio.

#### 4.2.3 Defeitos

DESCHAMP<sup>10</sup> et alii encontraram altas percentagens de plantas de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*, de 2 e 3 anos, tanto na regeneração natural como em plantios, afetadas por um fungo, *Sphariopsis sapinea*, o qual provoca a morte dos brotos apicais. Concluem que, 60 % das plantas amostradas sob

cobertura estavam afetadas, enquanto a céu aberto a percentagem diminui a 20 %.

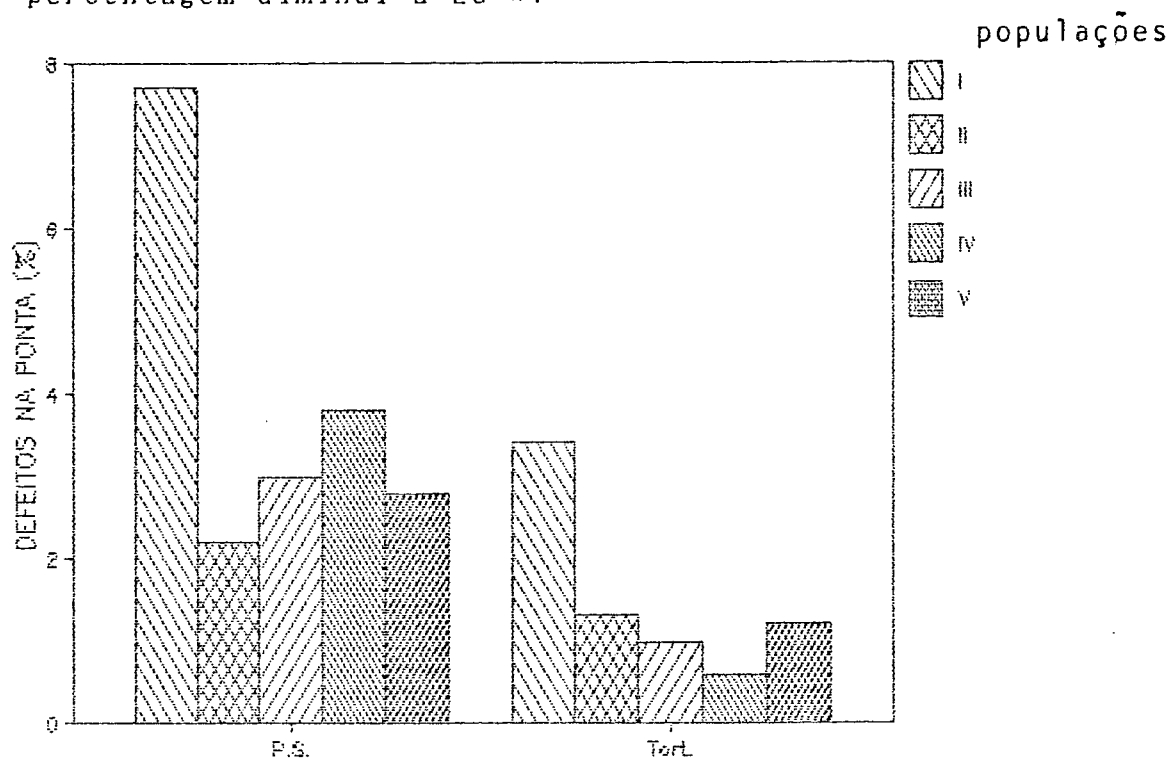


Figura 6 - Histograma de frequências dos defeitos da ponta, sendo: P.S. plantas com ponta seca e Tort. tortuosidade.

Nas populações amostradas, como se observa na figura 6, a porcentagem de plantas com ápices secos, possivelmente por causa do mesmo fungo, é muito baixa. A população I apresenta a maior frequência com 7,7 % de plantas afetadas. Porém uma vez que nesta área é necessário um desbaste "pré-comercial" é de se esperar a eliminação destas plantas. Também pela mudança do microclima que este corte há de produzir, é possível que diminuam as condições mais favoráveis deste sítio para a proliferação de fungos.

As frequências de bifurcações no fuste e na base das plantas são apresentadas nas fig 7 e 8. As frequências são baixas em todas as populações, especialmente as bifurcações na

base (figura 8 ), sendo a população II a que apresentou a maior frequência, com 7 % de plantas com fustes bifurcados. Porém neste sítio, em função da distribuição das plantas, a chance de seleção é muito baixa, não permitindo a eliminação de todas as plantas com defeitos.

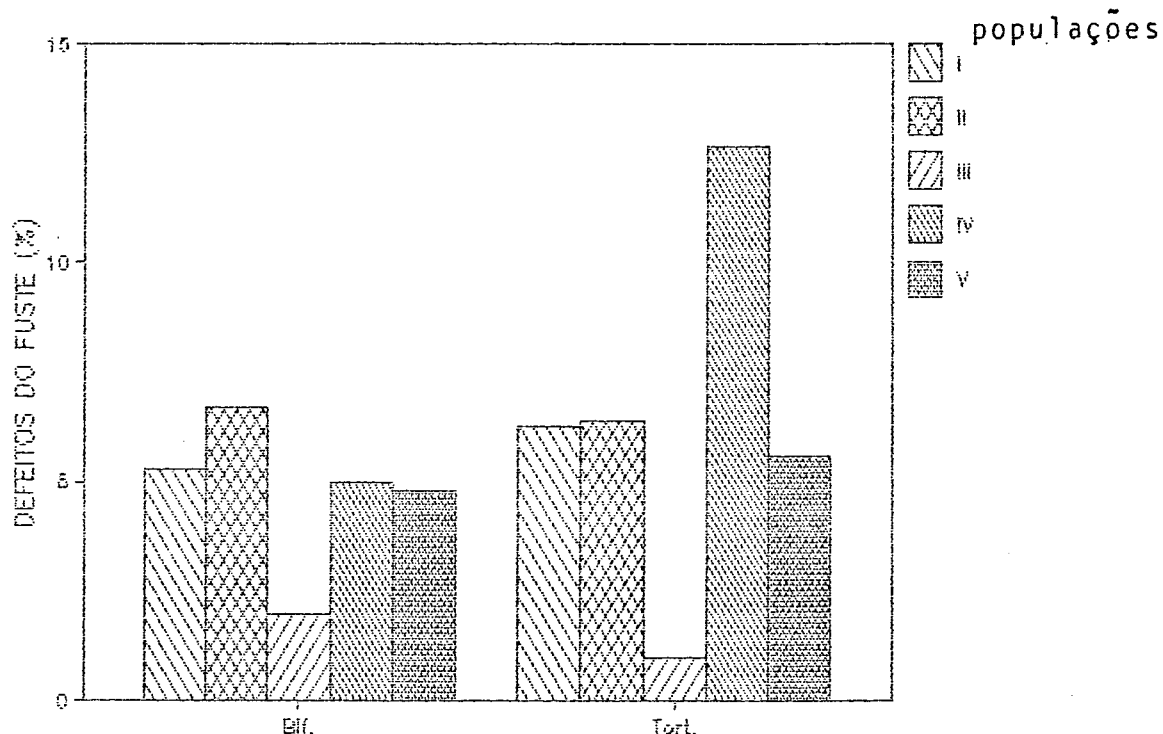


Figura 7 - Histograma das frequências dos defeitos do fuste sendo : Bif. bifurcadas e Tort. tortuosidade.

A tortuosidade maior ocorre na base das plantas (Fig. 8). Nas populações II e V o número de plantas que apresentaram tortuosidade na base superam o número de plantas sem defeitos ( 51 % e 60 % respectivamente). É importante destacar que na população V as plantas tinham o maior porte, e como a tortuosidade não foi medida de maneira relativa a nenhuma variável que caracterize o desenvolvimento da planta, isto possivelmente mascarará a informação, uma vez que um desvio de

1 cm não representa a mesma tortuosidade em plantas de portes diferentes.

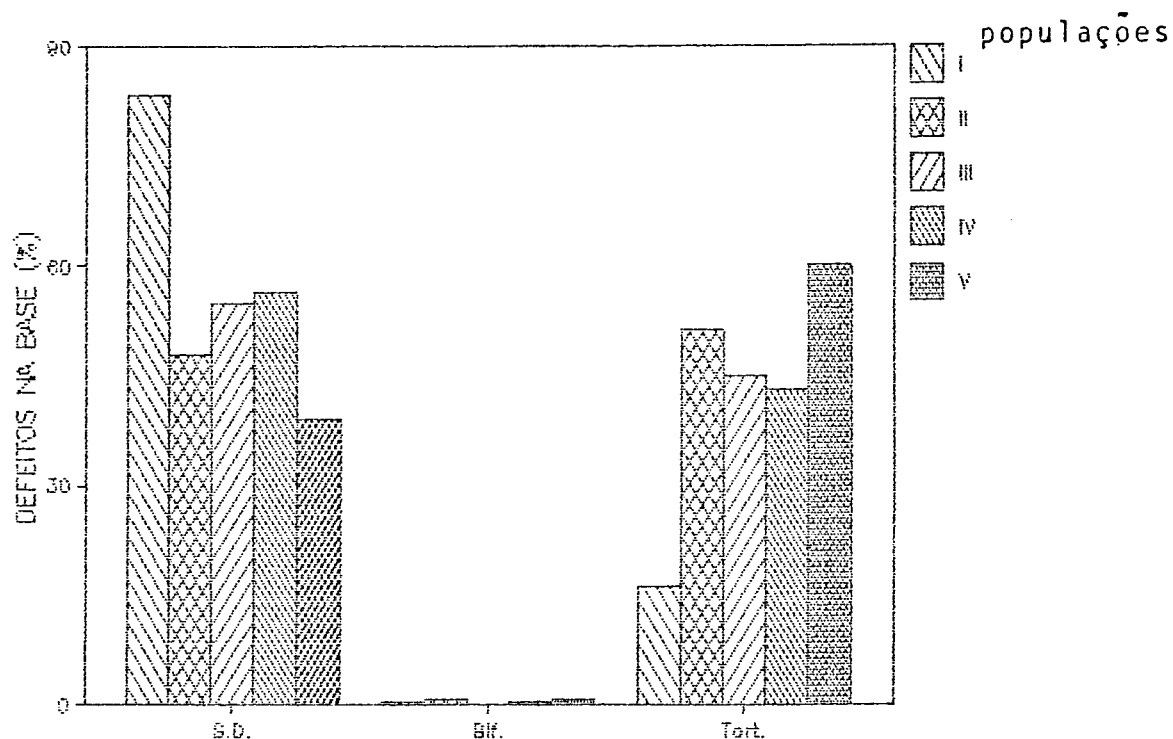


Figura 8 - Histograma de frequências dos defeitos na base sendo: S.D. sem defeito, Bif. bifurcadas e Tort. tortuosidade.

#### 4.3 ANALISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

Quando ocorrem medições de várias características em uma mesma unidade amostral, para simplificar a análise é recomendável, diminuir a quantidade de variáveis utilizadas. Por tal motivo geralmente a análise de agrupamento é precedida pela análise de componentes principais, e a mesma tem como finalidade selecionar as variáveis que absorvem o máximo da variação total dos dados.



Trabalhou-se em dois níveis:

-Selecionando variáveis a partir dos dados médios por parcela.

-Selecionando variáveis a partir dos dados tomados da planta maior por parcela.

Somente na população III não foi possível trabalhar nestes dois níveis, por não se dispor de dados da planta maior, devido à pouca idade das mesmas (um ano), utilizando-se portanto, apenas os dados médios das parcelas.

#### 4.3.1 Seleção a partir dos dados médios por parcela

Por esta ser uma pesquisa inicial em regeneração de Pinus, nesta seleção procurou-se escolher as mesmas variáveis em todas as populações estudadas. Com este propósito primeiramente foi analisada a matriz de correlação das variáveis, descartando-se aquelas que apresentavam alta correlação nas populações consideradas. Este foi o caso das 5 variáveis somatórias que estavam correlacionadas com a densidade. Somente no povoamento I, esta correlação é baixa, em torno de 0,65.

Na tabela 4 são apresentados os auto-valores dos três primeiros componentes principais, assim como as variâncias absorvidas por cada componente. Verifica-se que estes três componentes principais absorvem em torno de 90 % da variação total e que os auto-valores do terceiro componente estão acima de 0,7 segundo o citado por MARDIA<sup>25</sup>.

Tabela 4 - Auto-valores para cada componente principal e as variâncias absorvidas por cada componente.

| Vetor | População I |                    | População II |                    | População III |                    | População IV |                    | População V |                    |
|-------|-------------|--------------------|--------------|--------------------|---------------|--------------------|--------------|--------------------|-------------|--------------------|
|       | Auto-valor  | Variança Acumulada | Auto-valor   | Variança Acumulada | Auto-valor    | Variança Acumulada | Auto-valor   | Variança Acumulada | Auto-valor  | Variança Acumulada |
| 1     | 5,799       | 0,527              | 6,138        | 0,558              | 6,019         | 1,547              | 6,136        | 0,558              | 6,670       | 0,606              |
| 2     | 2,711       | 0,774              | 2,729        | 0,806              | 3,202         | 0,838              | 2,717        | 0,805              | 3,186       | 0,896              |
| 3     | 1,380       | 0,899              | 1,796        | 0,969              | 1,659         | 0,989              | 1,695        | 0,960              | 0,764       | 0,965              |

Na tabela 5 são apresentados os coeficientes  $a_{ij}$  dos três auto-vetores.

Tabela 5 - Auto-vetores dos três primeiros componentes principais.

| VETOR | POPULAÇÃO I |        |        | POPULAÇÃO II |        |        | POPULAÇÃO III |        |        | POPULAÇÃO IV |        |        | POPULAÇÃO V |        |        |
|-------|-------------|--------|--------|--------------|--------|--------|---------------|--------|--------|--------------|--------|--------|-------------|--------|--------|
|       | 1           | 2      | 3      | 1            | 2      | 3      | 1             | 2      | 3      | 1            | 2      | 3      | 1           | 2      | 3      |
| VAR.  |             |        |        |              |        |        |               |        |        |              |        |        |             |        |        |
| X1    | 0,370x      | -0,157 | -0,218 | 0,371x       | -0,208 | -0,980 | 0,400x        | 0,013  | -0,136 | 0,384x       | -0,156 | -0,077 | 0,376x      | 0,040  | -0,191 |
| X2    | 0,346       | 0,245  | -0,134 | 0,395        | -0,071 | -0,064 | 0,405         | 0,056  | -0,025 | 0,399        | -0,035 | -0,040 | 0,363       | 0,143  | -0,169 |
| X3    | -0,159      | 0,526x | -0,054 | 0,227        | 0,430x | 0,289  | 0,098         | 0,259  | 0,660x | 0,164        | 0,522x | 0,205  | -0,023      | 0,545x | 0,216  |
| X4    | 0,311       | 0,248  | -0,303 | 0,390        | -0,012 | -0,055 | 0,390         | 0,139  | -0,094 | 0,398        | -0,023 | -0,070 | 0,353       | 0,200  | -0,079 |
| X5    | -0,264      | 0,317  | -0,326 | 0,207        | 0,495  | 0,165  | 0,011         | 0,536  | 0,203  | 0,111        | 0,554  | -0,097 | -0,128      | 0,520  | 0,142  |
| X6    | 0,336       | 0,249  | -0,263 | 0,392        | -0,031 | -0,060 | 0,392         | 0,123  | -0,101 | 0,399        | -0,048 | -0,063 | 0,354       | 0,188  | -0,137 |
| X7    | -0,234      | 0,391x | -0,261 | 0,221        | 0,479x | 0,186  | -0,030        | 0,532x | 0,206  | 0,154        | 0,545x | -0,034 | -0,116      | 0,528x | 0,136  |
| X8    | 0,403       | -0,067 | -0,029 | 0,355        | -0,248 | -0,094 | 0,402         | -0,069 | -0,054 | 0,383        | -0,167 | -0,057 | 0,377       | 0,033  | -0,185 |
| X9    | 0,145       | 0,423  | 0,478x | 0,051        | -0,242 | 0,670x | 0,159         | -0,354 | 0,507x | 0,096        | 0,089  | 0,695x | 0,291       | -0,087 | 0,683x |
| X10   | 0,405       | -0,037 | -0,047 | 0,359        | -0,236 | -0,095 | 0,404         | -0,048 | -0,049 | 0,388        | -0,147 | -0,044 | 0,373       | 0,026  | -0,104 |
| X11   | 0,190       | 0,276  | 0,604  | -0,001       | -0,304 | 0,606  | 0,097         | -0,439 | 0,426  | 0,080        | -0,196 | 0,666  | 0,282       | -0,217 | 0,560  |

Sendo: X1: densidade, X2: somatório das alturas, X3: altura média, X4: somatório de diâmetro de colo, X5: diâmetro de colo médio, X6: somatório diâmetro na metade da altura, X7: diâmetro médio na metade da altura, X8: somatório relação H/D (de colo), X9: relação H/D (de colo) médio, X10: somatório relação H/D (1/2 da altura), X11: relação H/D (1/2 da altura) média.

x VARIÁVEIS SELECIONADAS

A seleção das variáveis obedeceu aos critérios dados por ISEBRAND & CROW<sup>20</sup>, escolhendo-se aquelas variáveis com maior valor absoluto do coeficiente  $a_{ij}$ , começando pelo primeiro componente principal e considerando que ela não tenha

sido selecionada anteriormente. No caso de valores próximos se procurou um compromisso entre esses valores e a seleção das mesmas variáveis nas 5 populações estudadas.

Assim foram selecionadas: (a) altura média; (b) densidade, que apresenta altos valores dos coeficientes no primeiro vetor nas 5 populações estudadas, sendo superado somente pelas somatórias em algumas populações, porém neste caso, correlacionadas com a densidade; (c) diâmetro médio na metade da altura, no lugar do diâmetro de colo, devido à proximidade dos valores e à consideração da influência que o crescimento das raízes pode ter neste último diâmetro e; (d) relação altura-diâmetro, considerando o diâmetro de colo.

#### 4.3.2 Seleção a partir dos dados da planta maior

Na tabela 6 são apresentados os auto-valores dos componentes principais, considerados na análise, assim como as variâncias absorvidas por cada componente. Observa-se que com poucos componentes se atinge em torno de 90 % da variação total.

A população III não foi considerada uma vez que devido à pouca idade ( um ano ) não foi possível coletar dados da planta maior.

O diferente número de componentes considerados em cada população foi originado pelo fato de se tentar atingir 90 % da variância acumulada e sempre com auto-valores superiores a 0,7.

Tabela 6 - Auto-valores e variâncias acumuladas dos componentes principais.

| Vetor | População I |                    | População II |                    | População IV |                    | População V |                    |
|-------|-------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|--------------------|-------------|--------------------|
|       | Auto-valor  | Variança Acumulada | Auto-valor   | Variança Acumulada | Auto-valor   | Variança Acumulada | Auto-valor  | Variança Acumulada |
| 1     | 5,691       | 0,474              | 9,464        | 0,676              | 8,551        | 0,611              | 10,155      | 0,725              |
| 2     | 1,839       | 0,627              | 1,192        | 0,761              | 1,883        | 0,745              | 1,867       | 0,859              |
| 3     | 1,055       | 0,715              | 0,985        | 0,831              | 1,043        | 0,820              | 0,669       | 0,907              |
| 4     | 0,995       | 0,798              | 0,759        | 0,886              | 0,817        | 0,768              |             |                    |
| 5     | 0,813       | 0,866              |              |                    |              |                    |             |                    |

Na tabela 7 são apresentados os coeficientes  $a_{ij}$  dos auto-vetores, nas quatro populações consideradas.

Na seleção das variáveis se utilizou a mesma metodologia descrita anteriormente. Foram selecionadas: (a) altura, que apresentou altos valores dos coeficientes e por estar correlacionada com outras variáveis que não puderam ser consideradas. Isto é o caso da idade determinada no campo, na população I que apresentou um alto coeficiente no 5º vetor; (b) diâmetro de colo com uma situação semelhante a altura; (c) distância média entre verticilos; (d) número médio de galhos por verticilos; (e) comprimento do galho maior, que esta correlacionado com o diâmetro do galho maior, apresentando alguma importância na população I e; (f) relação altura-diâmetro com o diâmetro medido na metade da altura total.

A população I não tem valores para a idade determinada no laboratório, porque a maioria das plantas tinham a mesma idade e naquelas de idade diferente existia a incerteza na determinação da idade, devido à presença de madeira de reação, e por que o crescimento perto da medula foi anormal.

Tabela 7 - Auto-vetores e coeficientes  $a_{ij}$  para as 4 populações.

| VETOR | POPULAÇÃO I |       |       |       |       | POPULAÇÃO II |        |       |       | POPULAÇÃO IV |       |       |       | POPULAÇÃO V |       |       |
|-------|-------------|-------|-------|-------|-------|--------------|--------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|-------------|-------|-------|
|       | 1           | 2     | 3     | 4     | 5     | 1            | 2      | 3     | 4     | 1            | 2     | 3     | 4     | 1           | 2     | 3     |
| VAR.  |             |       |       |       |       |              |        |       |       |              |       |       |       |             |       |       |
| X1    | ,312x       | ,425  | -,023 | -,247 | -,021 | ,308x        | ,038   | ,134  | -,213 | ,330x        | ,044  | -,170 | ,001  | ,298x       | ,163  | -,131 |
| X2    | ,385x       | ,033  | -,032 | -,108 | -,166 | ,172         | ,544   | ,462x | ,276  | ,328x        | -,124 | -,106 | -,129 | ,299x       | -,064 | -,275 |
| X3    | ,377        | -,055 | -,104 | -,133 | -,079 | ,308         | ,151   | ,097  | ,001  | ,325         | -,134 | -,139 | -,006 | ,303        | -,027 | -,266 |
| X4    | ,317        | ,342  | ,008  | -,351 | -,068 | ,255         | ,283   | ,017  | -,433 | ,241         | -,255 | -,256 | -,499 | ,294        | ,027  | -,371 |
| X5    | ,161        | ,064  | -,459 | ,206  | -,584 | ,281         | -,128  | ,232  | ,079  | ,296         | ,039  | ,118  | ,281  | ,891        | ,042  | ,234  |
| X6    |             |       |       |       |       | ,296         | -,095  | ,134  | -,065 | ,271         | ,139  | -,095 | ,442  | ,835        | ,131  | ,261  |
| X7    | -,067       | ,322  | ,386  | ,582x | -,413 | ,214         | -,355  | -,281 | ,401x | ,112         | ,322  | ,605x | -,541 | ,256        | ,173  | ,356x |
| X8    | ,118        | -,192 | ,672x | -,161 | -,256 | ,288x        | -,102  | -,168 | ,299  | ,239         | ,016  | ,448  | ,375x | ,271        | -,027 | ,522x |
| X9    | ,334        | ,015  | ,267  | ,204  | ,061  | ,296         | -,097  | -,261 | -,008 | ,303         | ,058  | ,112  | -,081 | ,296        | -,126 | -,177 |
| X10   | ,319        | ,116  | ,161  | ,043  | ,306x | ,294x        | ,072   | -,099 | -,243 | ,314         | -,063 | -,248 | -,093 | ,299x       | ,082  | -,049 |
| X11   | ,293        | -,165 | ,069  | ,321  | ,401  | ,296         | -,073  | -,245 | -,183 | ,315         | ,048  | -,039 | -,048 | ,295        | -,047 | -,174 |
| X12   | ,227        | ,171  | -,248 | ,477  | ,257  | ,274         | ,164   | -,331 | -,077 | ,296         | ,136  | ,143  | ,027  | ,259        | ,241  | ,011  |
| X13   | -,272       | ,438  | ,018  | -,027 | ,189  | -,267        | ,007   | -,228 | -,502 | -,085        | ,577  | -,415 | ,016  | -,145       | ,609  | -,221 |
| X14   | -,208       | ,541x | ,111  | -,065 | ,107  | ,109         | -,625x | ,529  | -,282 | ,059         | ,643x | -,129 | -,093 | -,069       | ,688x | ,037  |

Sendo X1: altura, X2: diâmetro de colo, X3: diâmetro na metade da altura, X4: DAP, X5: idade determinada no campo, X6: idade determinada no laboratório, X7: distância média entre verticilos, X8: número médio de galhos por verticilo, X9: diâmetro médio do galho maior por verticilo, X10: comprimento do galho maior, X11: diâmetro do galho maior, X12: altura de inserção do galho maior, X13: relação H/D (de colo), X14: relação H/D (1/2 da altura).-

x VARIÁVEIS SELECIONADAS

#### 4.4 VARIAÇÃO DOS DADOS OBTIDOS.

Na tabela 8, são apresentados os limites de variação dos dados das variáveis selecionadas pela análise de componentes principais. Os valores do desvio padrão, evidenciam a dispersão dos dados entre as parcelas, o que motivou a aplicação da análise de agrupamento, obtendo a estratificação da população e análise de grupos mais homogêneos facilitando a descrição da população.

TABELA 8 - Estatísticas das variáveis selecionadas

| Var. | População I |       |          |       |       | População II |       |          |       |       | População III |       |          |      |       | População IV |       |          |      |       | População V |       |          |      |       |
|------|-------------|-------|----------|-------|-------|--------------|-------|----------|-------|-------|---------------|-------|----------|------|-------|--------------|-------|----------|------|-------|-------------|-------|----------|------|-------|
|      | N           | média | $\sigma$ | MIN   | MAX   | N            | média | $\sigma$ | MIN   | MAX   | N             | média | $\sigma$ | MIN  | MAX   | N            | média | $\sigma$ | MIN  | MAX   | N           | média | $\sigma$ | MIN  | MAX   |
| X1   | 48          | 56,4  | 29,9     | ,0    | 182,0 | 65           | 1,2   | 18,4     | ,0    | 125,0 | 40            | 28,0  | 19,1     | 1,0  | 78,0  | 50           | 7,0   | 10,9     | ,0   | 58,0  | 40          | 2,2   | 9,5      | 1,0  | 38,0  |
| X2   | 47          | 65,5  | 16,3     | 20,7  | 99,5  | 25           | 40,2  | 20,1     | 13,0  | 75,2  | 40            | 21,8  | 2,9      | 13,0 | 27,0  | 43           | 39,0  | 15,0     | 14,5 | 77,0  | 38          | 180,4 | 101,5    | 19,5 | 375,0 |
| X3   | 47          | 4,8   | 1,2      | 1,8   | 8,3   | 25           | 2,9   | 1,5      | ,9    | 6,1   | 40            | 2,1   | ,3       | 1,4  | 3,3   | 43           | 3,0   | 1,0      | 1,3  | 5,5   | 38          | 20,2  | 12,2     | 1,5  | 44,9  |
| X4   | 47          | 110,2 | 12,6     | 70,0  | 138,2 | 25           | 120,4 | 30,6     | 70,8  | 200,0 | 40            | 84,5  | 13,6     | 61,9 | 142,3 | 43           | 100,9 | 14,1     | 70,2 | 140,7 | 38          | 65,6  | 23,8     | 38,5 | 133,3 |
| X5   | 47          | 157,9 | 25,3     | 106,0 | 217,0 | 25           | 67,9  | 45,5     | 16,0  | 156,0 |               |       |          |      |       | 43           | 66,3  | 39,5     | 17,0 | 195,0 | 38          | 285,6 | 152,2    | 20,0 | 550,0 |
| X6   | 47          | 20,8  | 4,8      | 11,1  | 30,6  | 25           | 7,2   | 5,7      | ,9    | 18,5  |               |       |          |      |       | 43           | 6,9   | 4,9      | 1,5  | 26,1  | 38          | 61,8  | 35,5     | 1,5  | 139,5 |
| X7   | 47          | 25,4  | 7,4      | 17,0  | 50,5  | 25           | 13,4  | 13,2     | ,0    | 44,0  |               |       |          |      |       | 43           | 19,5  | 14,5     | ,0   | 76,0  | 38          | 23,6  | 11,9     | ,0   | 54,0  |
| X8   | 47          | 2,1   | ,5       | 1,2   | 3,2   | 25           | 1,0   | 1,0      | ,0    | 2,8   |               |       |          |      |       | 43           | 1,2   | ,7       | ,0   | 2,1   | 38          | 2,5   | 1,0      | ,0   | 3,7   |
| X9   | 47          | 40,0  | 9,4      | 13,0  | 59,0  | 25           | 11,4  | 14,0     | ,0    | 41,0  |               |       |          |      |       | 43           | 13,0  | 17,4     | ,0   | 83,0  | 38          | 80,5  | 46,3     | ,0   | 190,0 |
| X10  | 47          | 119,9 | 20,0     | 86,3  | 194,4 | 25           | 153,0 | 31,1     | 100,3 | 228,1 |               |       |          |      |       | 43           | 137,3 | 24,5     | 94,4 | 194,4 | 38          | 86,4  | 21,4     | 60,7 | 160,5 |

Na população I foram eliminadas duas parcelas que não tinham dados da planta maior por estar danificada no momento da amostragem

X1 = Densidade, X2 = Altura média, X3 = Diâmetro médio, X4 = H/D média, X5 = Altura da planta maior por parcela

X6 = Diâmetro planta maior, X7 = Distância média entre verticilos, X8 = Número médio de galhos por verticilo

X9 = Comprimento do galho maior, X10 = H/D planta maior

#### 4.5 ANÁLISE DE AGRUPAMENTO

Para estratificar as parcelas em grupos mais homogêneos dentro de cada população, foi efetuada a análise de agrupamento. Segundo QUEIROS<sup>28</sup>, esta análise consiste em formar classes de indivíduos denominados agrupamentos, destacando o autor a aptidão desta técnica quando o interesse é agrupar as unidades amostrais com padrões de similaridade aproximados. Isto corresponde a uma pós-estratificação multidimensional. É um método eficaz na redução de grandes massas de dados em grupos, de forma a facilitar sua análise, auxiliando na descrição dos dados.

MALUF et alii<sup>24</sup>, considera que esta análise é usada principalmente quando não há informação classificatória teórica ou a priori, sobre os dados disponíveis.

No presente trabalho, esta técnica foi utilizada na identificação de grupos de parcelas com características semelhantes, para posteriormente comparar estes grupos entre si.

##### 4.5.1 Grupos na população I

Esta população está no 29 ano de regeneração, crescendo sob cobertura de um povoamento porta-sementes com 80 árvores/ha e uma área basal de 11,7 m<sup>2</sup>/ha.

Na figura 9, observa-se o dendrograma obtido como resultado da análise de agrupamento, usando o método das ligações médias não ponderadas e a distância euclidiana média. O corte, usando a metodologia recomendada por FERREIRA &

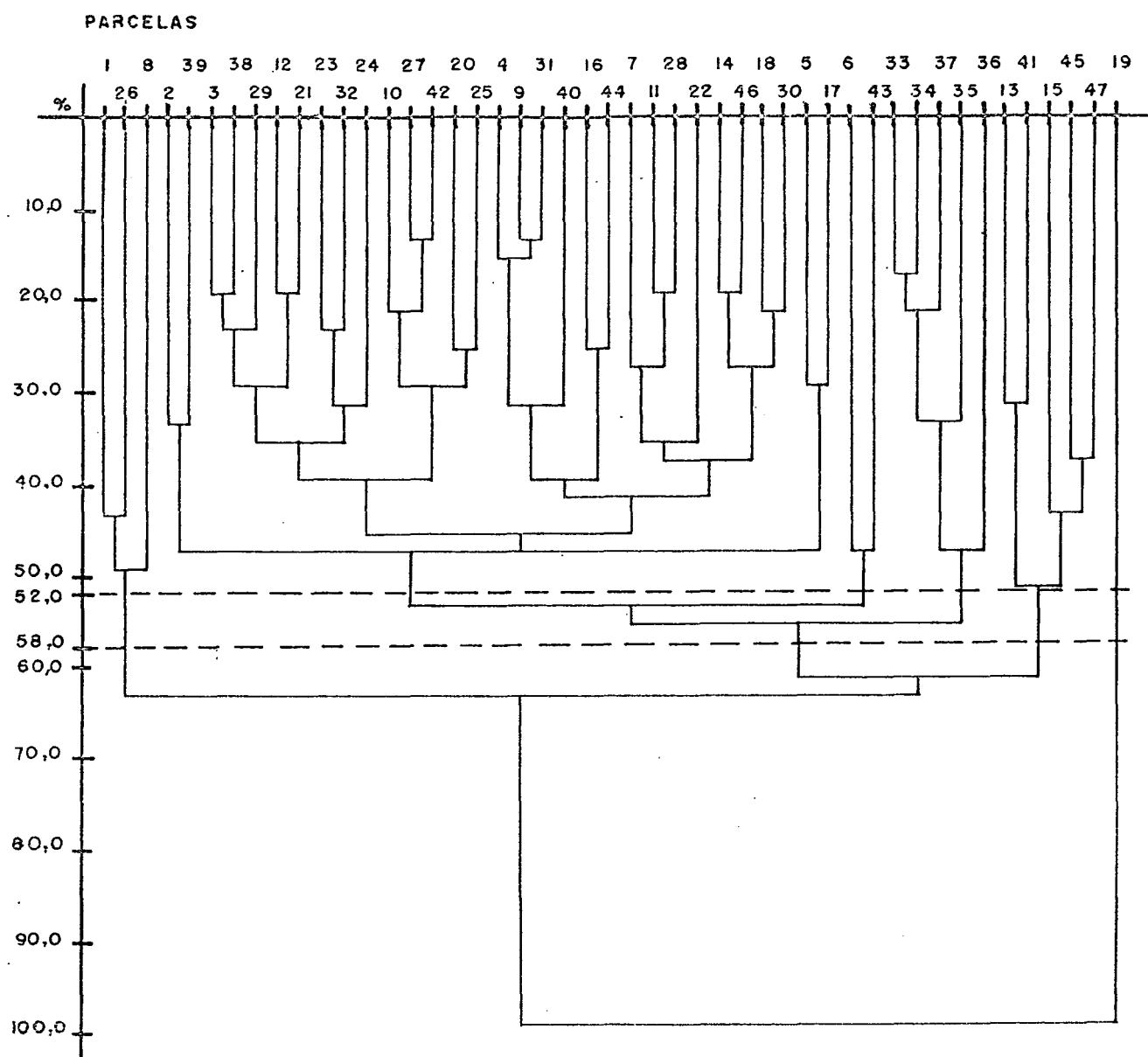


Figura 9 - Dendograma da População I



LIMA<sup>12</sup>, correspondia a 52 % da distância, porém se considerou que o número de grupos resultantes deste corte era muito grande, optando-se por um corte a 58 % da distância, com o que, surgem três grupos e uma parcela isolada ( nº 19).

Para esta análise tiveram que ser descartadas duas parcelas que tinham incompletos os dados da maior planta por parcela, a qual foi encontrada danificada no momento da amostragem.

Para a análise dos grupos foi considerado o valor médio de cada variável nos grupos e sua relação com a média geral da população. Esta comparação de cada grupo com a população, pretende identificar os possíveis fatores que originam as diferenças encontradas entre as parcelas amostradas.

Tabela 9 - médias das variáveis em cada grupo de parcelas na população I e a média geral da população.

| GRUPO | N  | DADOS MEDIOS            |             |               |               | DADOS PLANTA MAIOR |                |             |                   | Comp. Galho | H/D (D. x H) |
|-------|----|-------------------------|-------------|---------------|---------------|--------------------|----------------|-------------|-------------------|-------------|--------------|
|       |    | Dens. pl/m <sup>2</sup> | Altura (cm) | Diam. x (x h) | H/D (D. colo) | Altura (cm)        | Diam. x (colo) | Dist. vert. | Nº galhos / vert. |             |              |
| 1     | 38 | 54,0                    | 63,87       | 4,76          | 109,27        | 160,1              | 21,78          | 23,2        | 2,2               | 42,1        | 114,17       |
| 2     | 5  | 71,6                    | 64,08       | 4,23          | 113,50        | 114,6              | 11,10          | 41,1        | 1,9               | 28,4        | 137,76       |
| 3     | 3  | 38,0                    | 96,75       | 6,94          | 123,51        | 169,7              | 18,67          | 29,9        | 1,9               | 42,0        | 156,80       |
| 4     | 1  | 182,0                   | 20,72       | 1,81          | 89,98         | 106,0              | 11,30          | 17,5        | 1,6               | 13,0        | 137,66       |
| Media |    |                         |             |               |               |                    |                |             |                   |             |              |
| Geral | 47 | 57,6                    | 65,07       | 4,78          | 110,22        | 157,9              | 20,79          | 25,4        | 2,1               | 40,0        | 119,89       |

xx Na determinação da média geral não foram incluídas as parcelas vazias

parc. vazias 1 x em mm

## a) Grupo 1

O maior grupo desta população engloba 38 parcelas ( 79 % das parcelas amostradas). Como este grupo domina, as características das plantas nas parcelas são semelhantes à média geral da população amostrada. Neste grupo a densidade média é de 54 pl/m<sup>2</sup>, equivalente a 540.000 pl/ha. A altura média das plantas é de 64 cm, com 4,8 mm de diâmetro na metade da altura. Isto equivale a um coeficiente H/D (D.colo) de 109, que caracteriza plantas altas e delgadas.

Analisando o conjunto das plantas maiores ( a maior de cada parcela ), verifica-se uma altura muito superior à altura média do grupo, atingindo a primeira 160 cm. Neste grupo, 18 % das plantas são mais jovens (um ano de idade), podendo este fato motivar a grande diferença entre as duas médias. O diâmetro de colo médio da planta maior com 21,8 mm é superior à média geral; porém as plantas são delgadas, tendo um coeficiente H/D ( com o diâmetro a 1/2 da altura) de 114. O comprimento médio do galho maior é de 42 cm, o que indica uma grande heterogeneidade das plantas nas parcelas, uma vez que embora a densidade seja alta, há espaço para desenvolvimento dos ramos.

## b) Grupo 2

O segundo grupo de parcelas congrega 5 parcelas (10,4%) cuja característica diferencial é uma densidade superior à encontrada no primeiro grupo, com 71,6 pl/m<sup>2</sup> ou 716.000 pl/ha. A altura média e o diâmetro médio são semelhantes às médias

do grupo 1, porém neste grupo foi amostrado um número menor de plantas mais jovens ( 10 % ), portanto as plantas de maior idade são mais baixas e delgadas que as do grupo 1.

Na análise das plantas maiores, constata-se plantas mais baixas que no grupo 1, com apenas 114 cm de altura média e bem mais delgadas ( diâmetro de colo de 11,1 mm e coeficiente  $H/D$  de 138 ). Neste grupo a maior densidade e a maior homogeneidade entre as plantas provoca uma concorrência maior que nos outros grupos. Isto se traduz na maior distância entre verticilos de ramos 41 cm ( a maior observada na população ). O comprimento do galho é menor, porém proporcional à altura como no primeiro grupo.

### c) Grupo 3

Este terceiro grupo tem como características plantas mais altas na parcela e densidades menores. Com 38 pl/m<sup>2</sup> ou 380.000 pl/ha as parcelas são as menos densas dentro da população.

As plantas atingem em média quase 1 m de altura ( 96,7 cm ) porém neste grupo não foram observadas plantas de um ano de idade, possivelmente porque embora com densidade menor, estas plantas ocupam totalmente o espaço, não permitindo o estabelecimento de novas plântulas. Isto se confirma no coeficiente  $H/D$  com o diâmetro a 1/2 altura (123) mais elevado, considerando todas as plantas, do que nos grupos 1 e 2.

São parcelas mais homogêneas em si, pois a altura média da planta maior foi de 170 cm muito próxima das plantas maiores nas parcelas do grupo 1. Estas plantas são muito

esguias, tendo um coeficiente H/D de 157, bastante elevado, para uma boa estabilidade.

d) Grupo 4

Neste grupo está apenas uma parcela, que se destaca das demais devido à sua alta densidade de 182 pl/m<sup>2</sup> (1.820.000 pl/ha). São plantas mais jovens em sua maioria (65 % das plantas de um ano de idade) o que também pode ser deduzido pela pouca altura média (20,7 cm). Porém a maior planta desta parcela, com 160 cm de altura e diâmetro de colo de 11,3 mm é muito semelhante às plantas maiores do grupo 2. O que pode ser observado nesta parcela, é a continuidade do processo de regeneração natural. Enquanto poucas plantas se estabeleceram há dois anos, condições mais propícias para a germinação e estabelecimento das plantas jovens favoreceram uma densidade maior de plantas um ano mais tarde. É de se esperar porém, que a grande maioria destas plantas não tenha condições de competir com a maior planta da parcela, desaparecendo com o tempo.

4.5.2 Grupos na população II

Esta população tem a mesma idade que a anterior e cresce no mesmo talhão porta-sementes, porém nesta área se observa uma forte regeneração da capoeira.

A fig 10 apresenta o dendrograma da população e o corte adotado em 60 % da distância, o que originou 3 grupos e 3

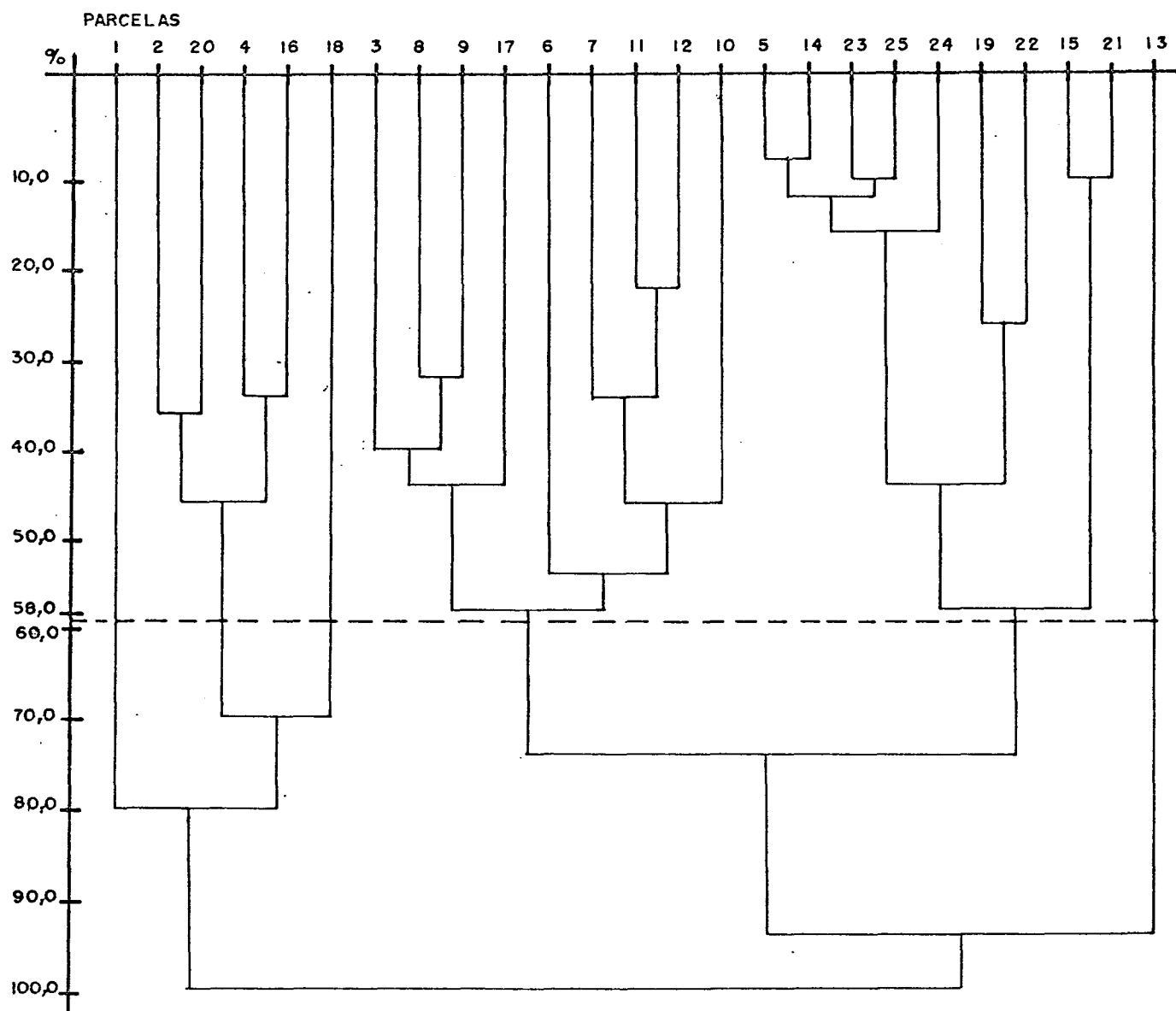


Figura 10 - Dendrograma da população II

parcelas que ficaram isoladas. Na tabela 10 estão reunidos os valores médios das variáveis de cada grupo.

Tabela 10 - médias das variáveis em cada grupo de parcelas da população II e a média geral da população.

| GRUPO   | N  | DADOS MEDIOS               |                |                  |                 | DADOS PLANTA   |                   |                |                      | MAIOR          |                |
|---------|----|----------------------------|----------------|------------------|-----------------|----------------|-------------------|----------------|----------------------|----------------|----------------|
|         |    | Dens.<br>pl/m <sup>2</sup> | Altura<br>(cm) | Diam. x<br>(% h) | H/D<br>(D.colo) | Altura<br>(cm) | Diam. x<br>(colo) | Dist.<br>vert. | Nº galhos<br>/ vert. | Comp.<br>Galho | H/D<br>(D.% H) |
| 1       | 9  | 1,98                       | 41,6           | 3,16             | 104,25          | 60,7           | 6,71              | 22,4           | 1,4                  | 9,3            | 138,81         |
| 2       | 9  | 0,68                       | 25,1           | 1,62             | 140,23          | 28,7           | 2,14              | ---            | ---                  | ---            | 166,79         |
| 3       | 4  | 4,90                       | 72,8           | 5,29             | 101,56          | 139,5          | 15,22             | 20,3           | 2,3                  | 32,9           | 134,49         |
| 4       | 1  | 4,60                       | 18,0           | 1,19             | 141,67          | 146,0          | 18,50             | 27,6           | 1,7                  | 33,0           | 140,38         |
| 5       | 1  | 31,25                      | 37,4           | 2,28             | 135,05          | 59,0           | 4,60              | ---            | ---                  | ---            | 168,57         |
| 6       | 1  | 8,20                       | 58,1           | 3,95             | 126,36          | 130,0          | 15,20             | 23,5           | 1,67                 | 36,0           | 228,07         |
| Média x |    |                            |                |                  |                 |                |                   |                |                      |                |                |
| Geral   | 25 | 3,26                       | 40,2           | 2,86             | 120,38          | 67,9           | 7,16              | 22,2           | 1,7                  | 19,0           | 153,02         |

xx Na determinação da média geral não foram incluídas as parcelas vazias.

Parcelas vazias 40 x em mm

#### a) Grupo 1

Nesta população os dois primeiros grupos englobam o mesmo número de parcelas ( 14 % das parcelas amostradas), mas neste grupo os valores das variáveis estão mais próximos da média geral da população do que no grupo 2.

Como se observa na tabela Nº 10, este grupo se caracteriza por parcelas com baixa densidade, a média do grupo é de 2 pl/m<sup>2</sup>, menor que a média geral (3,3 pl/m<sup>2</sup>). Entretanto, a altura média e o diâmetro médio ( medido a 1/2 da altura) apresentam valores pouco maiores que a média geral. Porém as plantas são baixas e delgadas quando comparadas com as plantas

da população I, com uma relação H/D de 104 semelhante à do grupo 1 da população I.

Analisando as plantas maiores, verifica-se uma altura pouco maior que a média do grupo (60,7 cm), porém muito inferior aos valores de altura da população I, uma situação semelhante se observa no diâmetro de colo com média de 6,7 mm. As plantas são muito delgadas, com um coeficiente H/D (com o diâmetro a 1/2 da altura) de 139.

Neste grupo o número médio de galhos por verticilo (1,4) e o comprimento médio do galho maior, com 9,3 cm, são os menores observados na população, evidenciando o pouco desenvolvimento das copas por causa da forte concorrência com a capoeira.

#### b) Grupo 2

O segundo grupo reúne o mesmo número de parcelas que o grupo 1 (14 % das parcelas amostradas). São parcelas homogêneas e onde as plantas jovens de Pinus estão dominadas pela vegetação nativa. Observa-se uma baixa densidade, evidenciando a influência do crescimento da capoeira sobre a sobrevivência do Pinus, e um desenvolvimento reduzido das plantas, que são muito baixas, com uma altura média de 25,1 cm e delgadas (1,62 mm de diâmetro médio medido a 1/2 da altura) com um coeficiente H/D de 140 (um dos maiores da população).

As plantas maiores também evidenciam a influência da concorrência. A altura de 28,7 cm está próxima do valor médio do grupo e com um coeficiente H/D de 166,8 que é muito eleva-

do para uma boa estabilidade. Além disso estas plantas ainda não apresentam ramificações secundárias.

c) Grupo 3

Este terceiro grupo tem como características plantas mais altas e semelhantes às da população I, tanto nos valores médios como na maior planta.

O desenvolvimento das copas da planta maior, também é semelhante com as plantas da população I, porém com distâncias entre verticilos (20,3 cm) um pouco inferior à média geral daquela população (25,4 mm), entretanto o comprimento do galho maior tem a mesma relação com a altura que naquela população.

As relações altura-diâmetro média do grupo (101,6) e da planta maior (134,5) são as menores observadas na população e também semelhantes as da população I, demonstrando a existência de parcelas isoladas com boas condições de crescimento nesta população.

No entanto este grupo só reúne 4 parcelas (6 %) com uma grande variação em densidade. Esta varia desde 0,6 até 12 pl/m<sup>2</sup> com média de 4,9 pl/m<sup>2</sup>, confirmando a importância da concorrência intraespecífica na população.

d) Grupo 4

Este grupo contém apenas uma parcela, com plantas em sua maioria mais jovens (67 % das plantas amostradas tinham um ano de idade) influenciando os valores médios de altura e diâmetro, (18 cm e 1,2 mm respectivamente): Porém a planta maior desta parcela com 146 cm de altura e diâmetro de colo de 18,5 mm é semelhante às plantas maiores do grupo 3.



Nesta parcela encontrou-se uma das árvores do povoamento matriz. Possivelmente isto influenciou o crescimento da capoeira permitindo a continuação do processo de regeneração.

e) Grupo 5

Este grupo também reúne só uma parcela que é atípica para a população pela alta densidade; 25 pl/m<sup>2</sup> (quando comparada com a média geral igual a 3,3 pl/m<sup>2</sup>). Porém estas plantas são todas de pequenas dimensões, e a planta maior da mesma forma que as do grupo 2 não têm ramificações secundárias.

f) Grupo 6

Na parcela que constitui este grupo também continua o processo de regeneração, porém em menor grau que na parcela do grupo 4, com 22 % das plantas amostradas tendo 1 ano de idade. A planta maior é defeituosa (pela mudança na dominância apical), portanto a relação H/D para esta planta é extremamente alta.

#### 4.5.3 Grupos na população III

Esta população está no primeiro ano de regeneração sob cobertura de um talhão de Pinus plantado em 1969 (19 anos de idade), com 600 árvores/ha e uma área basal de 25,92 m<sup>2</sup>/ha, no momento da amostragem.

Foram consideradas para análise de agrupamento, somente as variáveis selecionadas para os dados médios por parcela, porque estas plantas ainda não apresentaram desenvolvimento de copas, não sendo analisada portanto a planta maior.

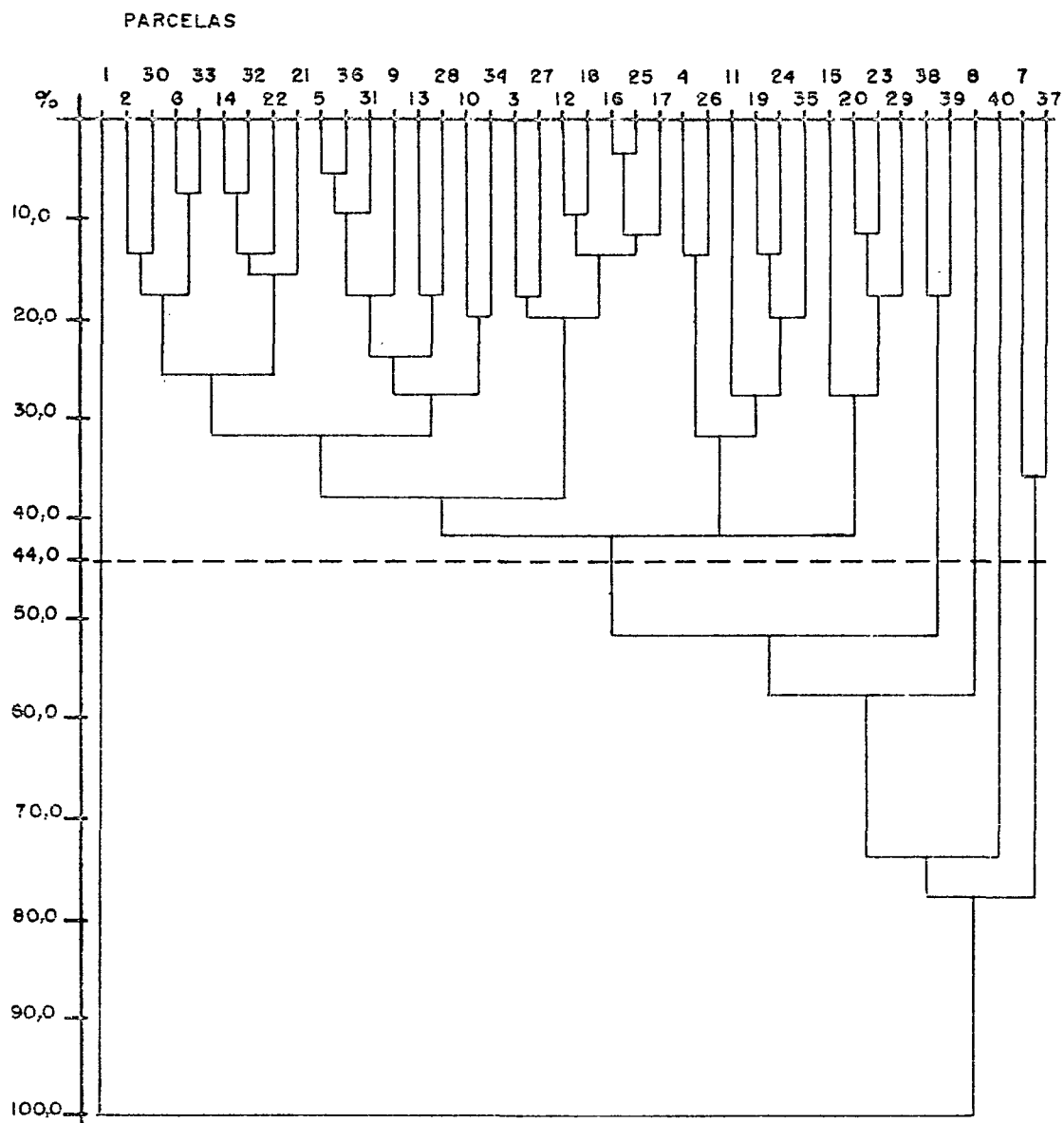


Figure II - Dendograma da População III

No dendrograma da Figura 11 se observa o corte adotado aproximadamente em 44 % da distância, o que originou 3 grupos e 3 parcelas isoladas.

A análise dos grupos fundamentou-se na descrição de cada grupo. Nesta população a média geral de altura é superior aos valores observados por CARNEIRO<sup>6</sup> trabalhando com diferentes densidades de plantas de *Pinus taeda*, em viveiro. Após 8 meses da semeadura, a melhor altura média de 18,33 cm. foi obtida com um espaçamento de 4 x 4 cm, equivalente a 625 pl/m<sup>2</sup>.

Tabela 11 - Médias das variáveis em cada grupo de parcelas na população III e a média geral da população.

| DADOS MEDIOS   |    |                            |                |                   |                  |
|----------------|----|----------------------------|----------------|-------------------|------------------|
| GRUPO          | N  | Dens.<br>pl/m <sup>2</sup> | Altura<br>(cm) | Diam.<br>(% h mm) | H/D<br>(D. colo) |
| 1              | 33 | 30,9                       | 21,9           | 2,07              | 82,91            |
| 2              | 2  | 2,5                        | 2,5            | 1,83              | 98,22            |
| 3              | 2  | 7,5                        | 26,8           | 3,05              | 75,31            |
| 4              | 1  | 2,0                        | 20,5           | 1,40              | 142,31           |
| 5              | 1  | 78,0                       | 24,8           | 1,99              | 92,73            |
| 6              | 1  | 1,0                        | 13,0           | 2,10              | 61,90            |
| Media<br>Geral | 40 | 28,0                       | 21,8           | 2,09              | 84,49            |

Parcelas vazias 0

#### a) Grupo 1

Sendo o maior grupo desta população engloba 33 parcelas (82,5 % das parcelas amostradas). Como este grupo domina, as características das plantas do grupo são semelhantes à média geral da população amostrada. A densidade apresenta uma grande

variação entre as parcela do grupo desde 6 até 62 pl/m<sup>2</sup>, com uma média de 31 pl/m<sup>2</sup>, equivalente a 310.000 pl/ha.

A altura média das plantas é 21,9 cm, com 2,1 mm de diâmetro (medido a 1/2 da altura). Isto significa uma relação altura-diâmetro (com o diâmetro de colo) 82,9, é inferior ao valor observado por CARNEIRO<sup>6</sup> em mudas de *P. taeda* de 8 meses semeadas a uma distância de 2 x 2 cm (94,5), demonstrando que as plantas do grupo, embora delgadas, têm boa vitalidade.

b) Grupo 2

O segundo grupo congrega somente 2 parcelas ( 5 %) cujas características diferenciais são, uma densidade muito inferior à encontrada no primeiro grupo, com 2,5 pl/m<sup>2</sup>, assim como plantas mais baixas, com 18 cm de altura média, e delgadas (1,8 mm) do que as plantas daquele grupo.

c) Grupo 3

Este grupo também está constituído por 2 parcelas com baixa densidade 7,5 pl/m<sup>2</sup>, a altura média de 27 cm e o diâmetro de 3,1 mm são as médias mais elevadas observadas na população, tendo uma relação H/D de 75,3, caracterizando a melhor vitalidade das plantas deste grupo.

d) Grupo 4

A parcela que constitui este grupo é totalmente atípica nesta população, uma vez que aproximadamente 85 % da superfície estava ocupada pela vegetação concorrente, com o qual o *Pinus* não encontrou boas condições de crescimento. Isto

se reflete na relação altura-diâmetro que é a maior observada na população.

e) Grupo 5

Neste grupo está apenas uma parcela que representa condições extremas de densidade para esta população, com 78 pl/m<sup>2</sup> (780.000 pl/ha).

As características das plantas são semelhantes as do grupo 1, sendo pouco mais altas (25 cm de altura média) e quase do mesmo diâmetro (diâmetro a 1/2 da altura de 2mm), tem uma relação H/D (com o diâmetro de colo) maior que as plantas daquele grupo (92,7).

f) Grupo 6

Este grupo também tem só uma parcela que contém somente uma planta. Nesta parcela a espessura média da serrapilheira (12 cm), foi o extremo encontrado na população III, possivelmente isto influenciou o estabelecimento e crescimento inicial da regeneração. Coincidindo com WENGER & TROUSDELL<sup>36</sup> quando consideram que, solos com uma espessa camada de "litter" podem ter menor germinação e estabelecimento, como consequência da menor umidade disponível pelas plântulas no estágio inicial.

#### 4.5.4 Grupos na população IV

A população IV está no 40º ano de regeneração sob cobertura de um povoamento de Pinus plantado em 1964, com 500 Árvores/ha e uma área basal de 34,43 m<sup>2</sup>/ha. O último desbaste foi realizado em 1984.

Com as variáveis selecionadas pela análise de componentes principais, foi aplicado o método das ligações médias não ponderadas de forma a obter grupos de parcelas homogêneas que facilitem a comparação e descrição. No dendrograma da Figura 12, observa-se que ao se fazer o corte a 60 % da distância têm-se 3 grupos e 2 parcelas isoladas.

Na tabela 12 vemos que, a média geral tanto da altura média, como da altura da planta maior desta população, estão próximos dos valores (45 e 60 cm respectivamente) observados por WAHLEMBERG<sup>34</sup>. Isto se verifica especialmente no grupo 1, mas com algumas diferenças se observam também nos demais grupos.

a) Grupo 1

É o maior grupo da população, agrupa 32 parcelas (64 %). Como este grupo domina, as características das plantas nas parcelas são semelhantes à média geral da população. A densidade média é de 6,5 pl/m<sup>2</sup> equivalente a 65.000 pl/ha.

A altura média de 40 cm é um pouco inferior à média de 45,5 cm observada por WAHLEMBERG<sup>34</sup> na segunda classe de luminosidade (70 % da parcela ocupada pelas copas do povoamento matriz), para regeneração de *P. taeda* no quinto ano de crescimento (1 ano a mais que o presente povoamento). Porém estas plantas são muito mais baixas que aquelas da população I com média de 65 cm. A mesma situação é observada para o diâmetro medido na metade da altura.

Analisando o conjunto das plantas maiores (a maior de cada parcela), verifica-se uma altura média de 66 cm, superior

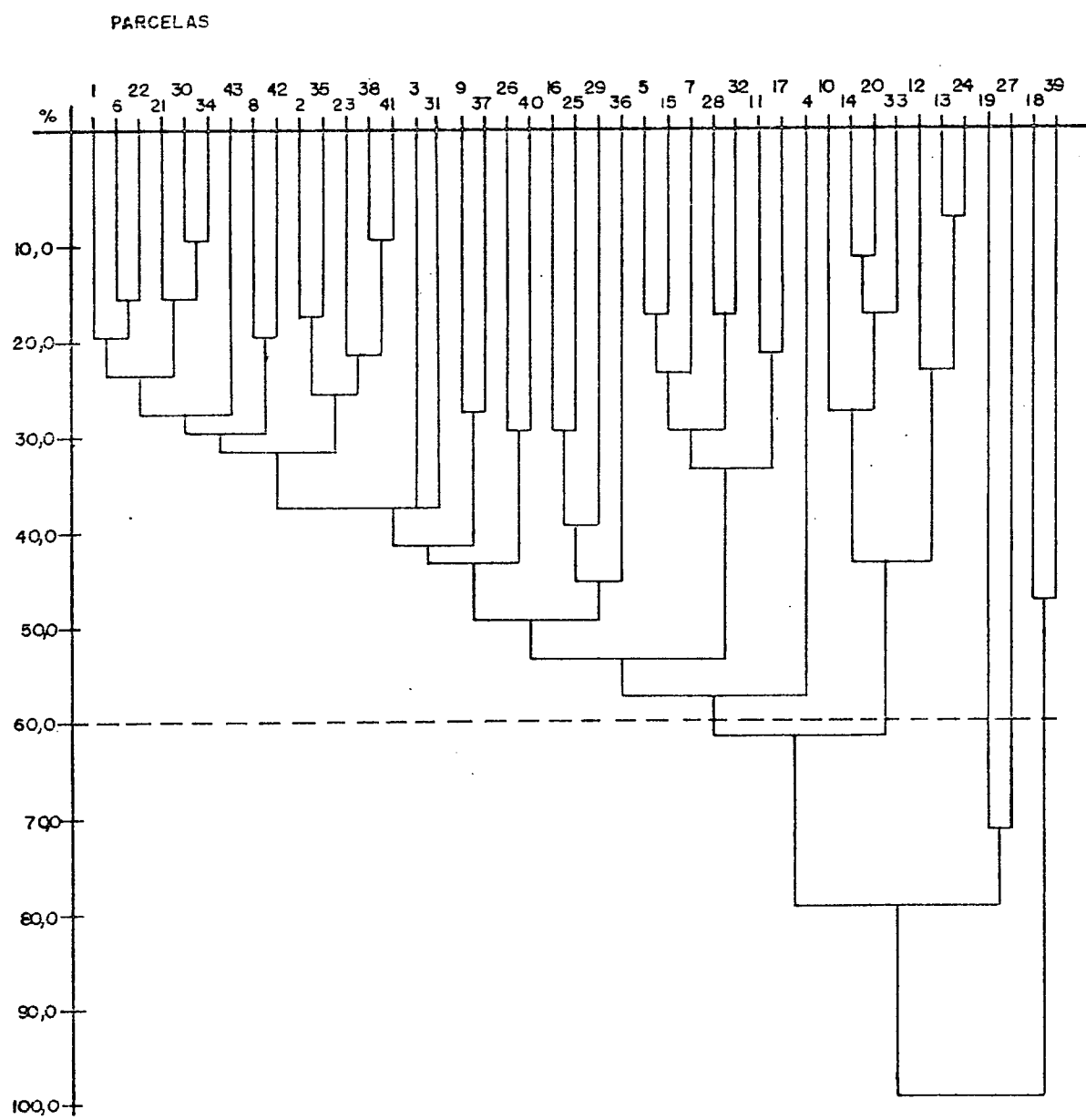


Figura 12 - Dendrograma da População IV

a observada por WAHLEMBERG<sup>34</sup> (60,4), porém muito inferior a observada na população I. O coeficiente de H/D da planta maior de 140,4 indica plantas delgadas. Estas plantas maiores são mais semelhantes às plantas da população II.

Tabela 12 - Médias das variáveis em cada grupo de parcelas na população IV e a média geral da população.

| GRUPO    | DADOS MEDIOS |                  |                |                  |                | DADOS PLANTA MAIOR |                   |                |                      |                |                |
|----------|--------------|------------------|----------------|------------------|----------------|--------------------|-------------------|----------------|----------------------|----------------|----------------|
|          | N            | Dens.<br>(pl/m²) | Altura<br>(cm) | Diam. #<br>(X h) | H/D<br>(D.col) | Altura<br>(cm)     | Diam. #<br>(colo) | Dist.<br>vert. | Nº galhos<br>/ vert. | Comp.<br>Ganho | H/D<br>(D.X H) |
| 1        | 32           | 6,5              | 40,20          | 3,03             | 100,43         | 66,0               | 6,6               | 21,49          | 1,38                 | 11,92          | 140,40         |
| 2        | 7            | 1,7              | 23,36          | 2,00             | 98,55          | 27,0               | 2,7               | ---            | ---                  | ---            | 121,60         |
| 3        | 2            | 17,0             | 67,19          | 4,83             | 108,98         | 178,0              | 24,3              | 28,07          | 2,00                 | 67,60          | 123,77         |
| 4        | 1            | 58,0             | 38,67          | 3,05             | 105,97         | 97,0               | 9,5               | 18,00          | 1,40                 | 21,00          | 125,97         |
| 5        | 1            | 37,0             | 52,13          | 3,56             | 109,92         | 97,0               | 10,1              | 76,00          | 1,00                 | 24,00          | 183,02         |
| Média ** |              |                  |                |                  |                |                    |                   |                |                      |                |                |
| Geral    | 43           | 8,1              | 38,99          | 2,96             | 100,87         | 66,3               | 6,9               | 23,28          | 1,41                 | 15,57          | 137,25         |

\*\* Na determinação da média geral não foram consideradas as parcelas vazias.

Parcelas vazias 7      1 cm mm

#### b) Grupo 2

O segundo grupo desta população agrupa 7 parcelas (14%) caracterizadas pela baixa densidade 1,7 pl/m<sup>2</sup>. As plantas atingem em média 23 cm de altura sendo semelhantes às plantas da população III.

Para o conjunto de plantas maiores a altura de 27 cm e o diâmetro de colo 2,7 mm é pouco superior à média geral da população III, porém na determinação da idade em laboratório foi observado que estas plantas maiores tem 2 anos de idade,



enquanto na população III tem 1 ano. Além disto estas plantas não apresentam ramificações secundárias.

E possível que nestas parcelas a regeneração tenha iniciado dois anos mais tarde, tendo portanto as plantas maiores dois períodos vegetativos a menos que as plantas do grupo 1, ou que não tenha sobrevivido nenhuma das plantas regeneradas há 4 anos.

O coeficiente da relação altura-diâmetro na planta maior (121,6) é o menor observado na população.

#### c) Grupo 3

Este terceiro grupo tem como característica plantas mais altas e de maior diâmetro, assim como densidade maior que os dois grupos anteriores (17 pl/m<sup>2</sup>). O valor médio de altura (67 cm) e especialmente a média da planta maior (178 cm) são superiores aos valores observados por WAHLEMBERG<sup>34</sup> (45 e 60 cm respectivamente). O coeficiente H/D da planta maior de 124 é inferior que aquele observado no grupo 1 (140) e somente um pouco maior que aquele do grupo 2 (122). O comprimento do galho (67 cm) é o maior encontrado na população IV. Porém estas plantas são muito inferiores às da população V que tem a mesma idade, crescendo a céu aberto.

#### d) Grupo 4

Neste grupo está apenas uma parcela, que se caracteriza por uma densidade de 58 pl/m<sup>2</sup>, extrema dentro da população. Os valores de altura média (38 cm) e diâmetro médio (3,05 mm) são semelhantes ao grupo 1. Entretanto a planta maior apresen-

ta altura (97 cm) e diâmetro de colo (9,5 mm) superiores a aquele grupo.

Possivelmente por esta parcela estar situada perto da bordadura, suas condições de luminosidade seriam mais favoráveis, influenciando no desenvolvimento das plantas.

#### e) Grupo 5

A parcela deste grupo também se caracteriza pela alta densidade (37 pl/m<sup>2</sup>) porém é inferior à do grupo anterior. As plantas na parcela são um pouco mais altas (52,13 cm de altura média) e de maior diâmetro (3,6 mm) que as do grupo 4, com uma relação H/D semelhante à daquele grupo.

Entretanto a planta maior é semelhante à do grupo 4 salvo na relação H/D que para esta planta é muito elevada por ser bifurcada.

#### 4.5.5 Grupos na população V

Esta população está no 40 ano de regeneração, crescendo a céu aberto numa área contígua a um talhão de Pinus, com solo compactado.

O dendrograma da figura 13 apresenta a situação para a mesma. Nesta análise, não foi considerada a idade, por ser importante em poucas populações na análise de componentes principais. Porém, em função da correlação existente entre idade e outras variáveis consideradas, os grupos resultantes também respondem a uma divisão por idades.

Nesta população, os valores da média geral tanto de altura e diâmetros médios, como da altura da planta maior, são

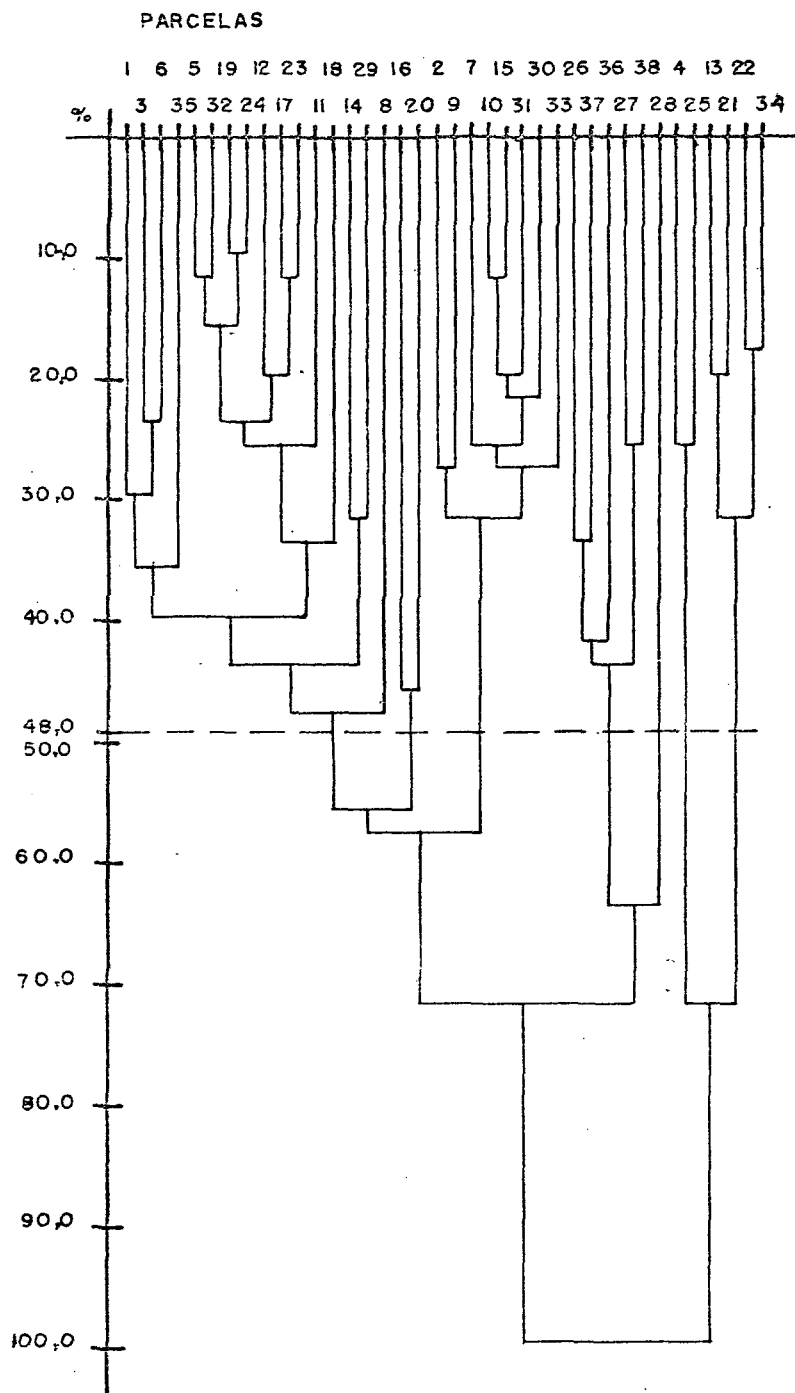


Figura 13 - Dendograma da População 5

superiores aos valores observados por WAHLEMBERG<sup>34</sup>, para *P. taeda* em clareiras com raios maiores do que 13 m.

Tabela 13 - Médias das variáveis em cada grupo de parcelas na população V e a média geral da população.

| GRUPO   | N  | DADOS MEDIOS |             |               |               | DADOS PLANTA MAIOR |                |             |                   | Comp. Galho | H/D (D. x H) |
|---------|----|--------------|-------------|---------------|---------------|--------------------|----------------|-------------|-------------------|-------------|--------------|
|         |    | Dens. pl/m²  | Altura (cm) | Diam. x (x h) | H/D (D. colo) | Altura (cm)        | Diam. x (colo) | Dist. vert. | Nº galhos / vert. |             |              |
| 1       | 16 | 1,19         | 256,4       | 31,34         | 54,33         | 381,0              | 90,24          | 26,4        | 3,00              | 108,7       | 79,46        |
| 2       | 5  | 8,00         | 145,6       | 10,90         | 94,74         | 326,0              | 63,14          | 28,7        | 2,70              | 79,4        | 96,96        |
| 3       | 8  | 1,29         | 131,7       | 15,55         | 55,46         | 190,9              | 40,72          | 24,1        | 2,50              | 59,5        | 81,09        |
| 4       | 4  | 0,50         | 29,2        | 4,19          | 56,50         | 32,0               | 6,95           | 6,5         | 1,47              | 14,0        | 67,10        |
| 5       | 2  | 2,17         | 210,6       | 24,50         | 70,27         | 513,0              | 97,60          | 48,4        | 3,43              | 166,5       | 88,67        |
| 6       | 2  | 0,33         | 31,5        | 2,30          | 115,52        | 31,5               | 2,95           | ---         | ---               | ---         | 136,01       |
| 7       | 1  | 12,50        | 225,9       | 15,69         | 108,51        | 382,0              | 33,90          | 28,8        | 2,15              | 84,0        | 160,50       |
| Média x |    |              |             |               |               |                    |                |             |                   |             |              |
| Geral   | 37 | 2,34         | 180,4       | 20,17         | 65,60         | 285,6              | 61,79          | 23,6        | 2,47              | 80,5        | 86,41        |

x Na determinação da média geral não foram consideradas as parcelas vazias.

Parcelas vazias 3 x em mm

Distinta das populações anteriores, não existe nesta um grupo que se destaque por agrupar a grande maioria das parcelas. Entretanto há vários grupos com características importantes, demonstrando a grande heterogeneidade da população.

#### a) Grupo 1

Este primeiro grupo é o maior da população, agrupa 16 parcelas (40 %) caracterizadas pela baixa densidade (1,19 pl/m²), aproximadamente a metade da média geral (2,34 pl/m²). A altura média das plantas é de 265 cm, com 31,3 mm de diâmetro médio (medido a 1/2 da altura) e um coeficiente H/D de 54,33 indicando plantas vigorosas e de grande estabilidade.

Analisando o conjunto das plantas maiores ( a maior de cada parcela), verifica-se uma altura superior à média do grupo, atingindo a primeira 381 cm de altura. O diâmetro de colo médio, com 90,2 mm é superior à média geral da população, sendo também um dos maiores valores observados na população. Isto equivale a um coeficiente H/D ( com o diâmetro a 1/2 da altura) de 79,5 confirmando a estabilidade das plantas destas parcelas.

O maior desenvolvimento destas plantas quando comparadas com a população também se reflete nas copas, uma vez que, o número médio de galhos por verticilos e o comprimento médio do galho maior (que estão correlacionados com a altura e diâmetro da planta maior ), são uns dos maiores valores observados na população. A distância média entre verticilos também é maior que a média geral e está correlacionada com o crescimento em altura da planta maior.

#### b) Grupo 2

O segundo grupo congrega 5 parcelas (12,5 %) cuja característica diferencial é uma densidade muito superior à observada no grupo anterior, com 8 pl/m<sup>2</sup> ou 80.000 pl/ha é um dos maiores valores da população.

A altura média (146 cm ) assim como o diâmetro médio na parcela (10,9 mm) são inferiores à média geral da população, sendo que o diâmetro foi o menor valor observado (com exceção dos grupos 4 e 6 que reúnem plantas de dois anos de idade).

No grupo das plantas maiores observa-se que, a altura (326 cm) é muito superior à altura média das parcelas, entretanto o diâmetro de colo (63 mm) é um pouco superior à média geral da população (62 mm), porém as plantas são mais delgadas do que outros grupos com a mesma idade, tendo um coeficiente H/D de 97, que é elevado quando comparado com o resto da população.

A distância média entre verticilos (28,7 cm) é maior que no grupo anterior, entretanto o número médio de galhos por verticilo (2,7) e o comprimento médio do galho maior (79,4); são menores que no grupo 1, evidenciando a influência da alta densidade no desenvolvimento das copas, o que sem dúvida se reflete nos incrementos de altura, e especialmente do diâmetro. Porém este efeito é menos acentuado na planta maior, possivelmente pela diferenciação desta planta como dominante na parcela, atingindo melhores condições de crescimento.

### c) Grupo 3

O terceiro grupo reúne 8 parcelas (20 %) com menos idade que os 2 grupos analisados anteriormente, considerando a planta maior, elas têm 3 anos de idade. A densidade é baixa (1,29 pl/m<sup>2</sup>) e semelhante àquela apresentada pelo grupo 1. A altura média por parcela (131,7 cm) está próxima da média do grupo 2 entretanto o diâmetro médio é superior ao do grupo 2 (porém inferior à média geral). Isto equivale a um quociente H/D (55,5) baixo e semelhante ao apresentado pelo grupo 1, o que reflete o efeito da densidade na relação altura-diâmetro.

Analisando o conjunto das plantas maiores, observa-se que tanto a altura ( 190,9 ) como o diâmetro de colo (40,7 mm) são muito inferiores às médias das plantas maiores do grupo 2 (comprovando a diferenciação das plantas dominantes naquele grupo).

d) Grupo 4

Este grupo reúne 4 parcelas (10 %) de 2 anos de idade. Considerando a planta maior, junto com o grupo 6 reúnem as plantas de menor idade desta população. A densidade destas parcelas é muito baixa em relação à idade das plantas (0.5 Pl/m<sup>2</sup> ), entretanto o desenvolvimento das plantas é muito inferior à média geral da população I ( com a mesma idade) e dos valores observados por WAHLEMBERG<sup>34</sup>, para 3 anos de idade e crescendo a céu aberto.

A altura média é de 29,2 cm com 4,2 mm de diâmetro ( medido a 1/2 da altura) e uma relação H/D de 56,5 indicando plantas relativamente baixas para a idade.

As plantas maiores apresentam uma situação semelhante com altura média de 32 cm, diâmetro de colo de 7 mm e uma relação H/D de 67. O comprimento do galho é de 14 cm, aproximadamente a metade da altura, sendo a distância entre verticilos muito pequena (6,5 cm).

Tudo isto está expressando alguns problemas no estabelecimento e crescimento inicial, possivelmente por causa da compactação do solo e da total exposição do solo mineral.

## e) Grupo 5

Este grupo reúne somente 2 parcelas (5 %) de 4 anos com densidade (2,2 pl/m<sup>2</sup>) superior à do grupo 1 (aproximadamente o dobro). A altura média (210,6 cm) e o diâmetro médio (24,5 mm) são inferiores aos valores do grupo 1.

Entretanto as plantas maiores tem uma média de altura (513 cm) muito superior à do grupo 1, o diâmetro de colo também é superior ao do grupo 1. Isto equivale a uma relação altura-diâmetro de 88,7. O comprimento do galho maior (166,5 cm) é a maior média observada, indicando a grande heterogeneidade das plantas do grupo. Isto também se observa nas médias de distância entre verticilos (48,4) e número médio de galhos por verticilo (3,43), que também são as maiores médias observadas na população.

Esta grande heterogeneidade nas parcelas é originada porque a maioria das plantas (61 %) são pequenas (menores do que 1 m de altura), possivelmente por ter menos idade que a planta maior.

## f) Grupo 6

Constituído por 2 parcelas, este grupo também está possivelmente influenciado por problemas de micrositio. A densidade é extremamente baixa (0,33 pl/m<sup>2</sup>), suas plantas tem menor idade (2 anos) e seu desenvolvimento é ainda menor que no grupo 4, que reúne plantas da mesma idade, o que se confirma na falta de ramificações secundárias das plantas maiores.



## g) Grupo 7

A parcela que constitui este grupo caracteriza-se pela alta densidade ( $12,5 \text{ pl/m}^2$ ) com plantas com características semelhantes ao do grupo 2, porém esta maior densidade influenciou fortemente o desenvolvimento das plantas, produzindo plantas altas e de baixo diâmetro, como se verifica nos altos valores das relações altura-diâmetro média (108,5), e para a planta maior (160,5), que são as maiores desta população.

## 4.6 COMPARAÇÃO DOS GRUPOS MAIS IMPORTANTES POR POPULAÇÃO

Uma vez que certas populações tem a mesma idade ou desenvolvimento semelhante, foi possível fazer algumas comparações entre as mesmas. Trabalhou-se com o grupo mais importante de cada população, assumindo que este grupo seja representativo da população, já que por ser mais homogêneo do que a média geral, facilita as comparações entre as populações.

Foram comparadas a altura e o diâmetro médio por parcela assim como altura e diâmetro de colo da maior planta por parcela. A importância destas variáveis é evidente uma vez que estes parâmetros morfológicos constituem, na Europa, a base das classificações da qualidade de mudas produzidas em viveiro. (CARNEIRO)<sup>6</sup>

Posteriormente são comparadas as relações entre a altura e o diâmetro da maior planta por parcela, no sentido de

avaliar a vitalidade destas plantas nas diferentes condições de crescimento estudadas.

#### 4.6.1 Análise das populações I, II, III e IV

Na população III não foi considerada a planta maior por parcela, pela pouca idade desta regeneração (um ano).

A população V foi considerada isoladamente uma vez que a regeneração ocorre numa área com solo bastante compactado e a céu aberto, portanto o aporte de sementes depende dos povoamentos vizinhos, provavelmente estes dois fatores resultam na criação de diferentes situações com características próprias. Além disto a faixa de variação das variáveis analisadas é muito diferente à das outras populações. Por tanto só foi possível realizar comparações entre os grupos de maior interesse dentro do povoamento.

4.6.1.1 Altura média por parcela: Na figura 14, estão representadas as alturas médias das plantas dos grupos mais importantes nas populações I, II e IV. A população III que está no primeiro ano de regeneração, não foi incluída na figura 14 já que só na classe de 20 cm estão 70 % das parcelas. Esta grande concentração de plantas numa classe, evidencia a homogeneidade das plantas desta população.

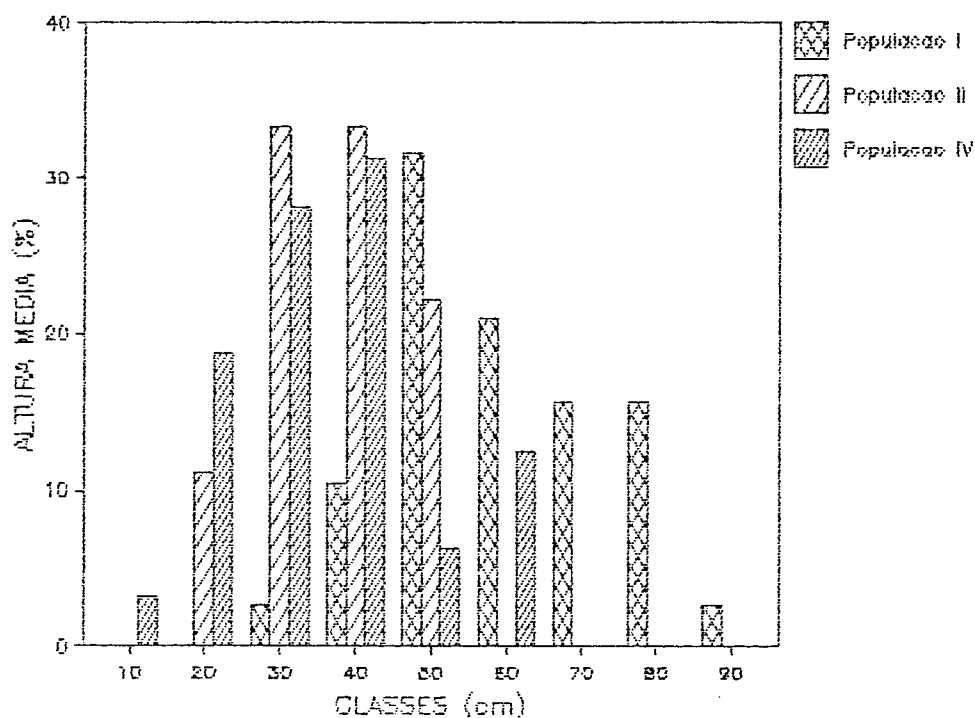


Figura 14 - Frequências de altura média por parcela das populações I, II e IV.

Na população I em 86,5 % das parcelas a altura média está entre 50 e 100 cm., no entanto na população II, embora sendo da mesma idade que a primeira, em 89 % das parcelas a altura média está entre 30 e 60 cm. Já a população IV onde a regeneração iniciou há 4 anos, a maior frequência de parcelas (84 %), está nas classes de 20 até 60 cm. Deve ser considerado também, que a população I apresentou um grande número (18 %) de plantas de menos idade (um ano) as quais logicamente estão influenciando o valor da média por parcela. Esta continuidade do processo de regeneração não foi observada nas outras duas populações consideradas, na mesma intensidade que na população I. Possivelmente as condições de concorrência, com a vegetação

nativa na população II e a falta de luz em consequência do povoamento matriz ser muito fechado na população IV, não permitiram o estabelecimento de novas plantas, uma vez que em ambos os sítios foi observada uma grande quantidade de plântulas mas não o estabelecimento de número significativo destas.

Não se dispõe de informação suficiente para definir a razão da falta de estabelecimentos, porém, segundo FOWELLS<sup>13</sup> e TROUSDELL<sup>32</sup>, o fator determinante durante o primeiro ano deve-  
ra ser a disponibilidade de umidade, assim como a deterioração do substrato em anos subsequentes. Com isto, pode-se imaginar que com a remoção da camada de serrapilheira promovida durante o corte (desbaste) melhorem as condições do substrato e se estabeleça uma abundante regeneração natural. No entanto, estas condições favoráveis do substrato desaparecem rapidamente e nos próximos anos o número de plantas que se estabelecem é novamente reduzido.

4.6.1.2 Diâmetro médio por parcela: Na população III ocorre uma situação semelhante à observada no caso da altura média e só na classe de 2 mm estão 64 % das parcelas sendo que as restantes estão na classe anterior, confirmando a grande homogeneidade das plantas ao fim do primeiro ano, ainda crescendo sob forte cobertura. Esta homogeneidade foi o motivo pelo qual esta população não foi incluída no gráfico da figura 15.

A distribuição de frequências de diâmetro médio por parcela das populações I, II e IV estão representadas na

figura 16, onde observa-se o melhor desenvolvimento na população I, já que 66 % das parcelas apresentam valores médios entre 4 e 6 mm. e 10 % com valores entre 6 e 8 mm. Por outro lado, na população II as parcelas apresentam menores valores de diâmetro médio, sendo que 67 % destas estão nas classes de 3 a 4,5 mm, evidenciando a influencia da concorrência, situação similar acontece na população IV, onde 81 % das parcelas apresentaram valores médios entre 2 e 4 mm, demonstrando a forte influencia do povoamento das árvores matrizes sobre as plantas jovens.

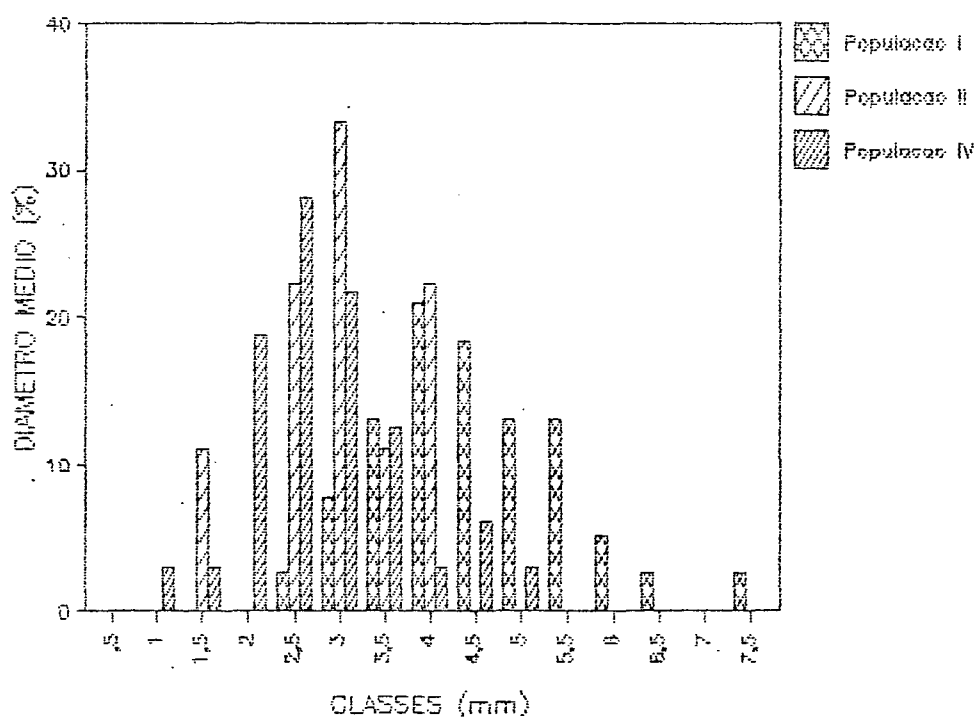


Figura 15 - Frequência de diâmetro médio das populações I, II e IV.

4.6.1.3 Análise da planta maior por parcela: Segundo WAHLEMBERG<sup>34</sup>, esta planta maior por parcela é

particularmente importante uma vez que existe uma marcada diferenciação da planta dominante desde pouca idade. Portanto ela tem maiores possibilidades de constituir o povoamento futuro, além do fato de estar eliminada a influência das plantas de menos idade, complementando portanto a compreensão das diferenças das condições de crescimento nas diferentes áreas consideradas.

#### A) Altura da planta maior por parcela

As maiores plantas na população I (Figura 16) têm uma frequência de

79 % nas classes de 130 a 180 cm. Ao passo que na população IV, só 3 % encontram-se nestas classes, 69 % das plantas enquadram-se entre 30 e 70 cm de altura. Na população II, 100% das observações estão classes de 40 a 70 cm.

Com isto, pode-se supor que durante o primeiro ano a situação para o povoamento jovem do sítio IV tenha sido semelhante à da população III.

Pode-se compreender a estagnação do crescimento na população IV e as dificuldades encontradas na concorrência com a regeneração da vegetação original na população II, considerando a menor taxa de fotossíntese dos *Pinus* com relação às latifoliadas e a diminuição desta taxa por causa de uma forte cobertura exercida pelo povoamento das árvores matrizes (FOWELLS<sup>13</sup>).

Pode-se pensar, portanto, que as plantas que se estabelecem logo após o corte (desbaste), sobrevivam durante o primeiro ano mesmo sob condições de baixa luminosidade, porém

se não são efetuados novos cortes ocorre a estagnação no seu crescimento em altura, e a consequente perda de vitalidade. Sendo de esperar portanto que as plantas da população IV, há muitos anos sob cobertura, não reajam mais a uma abertura do dossel, sendo mais seguro para o estabelecimento de um novo povoamento a não consideração destas plantas.

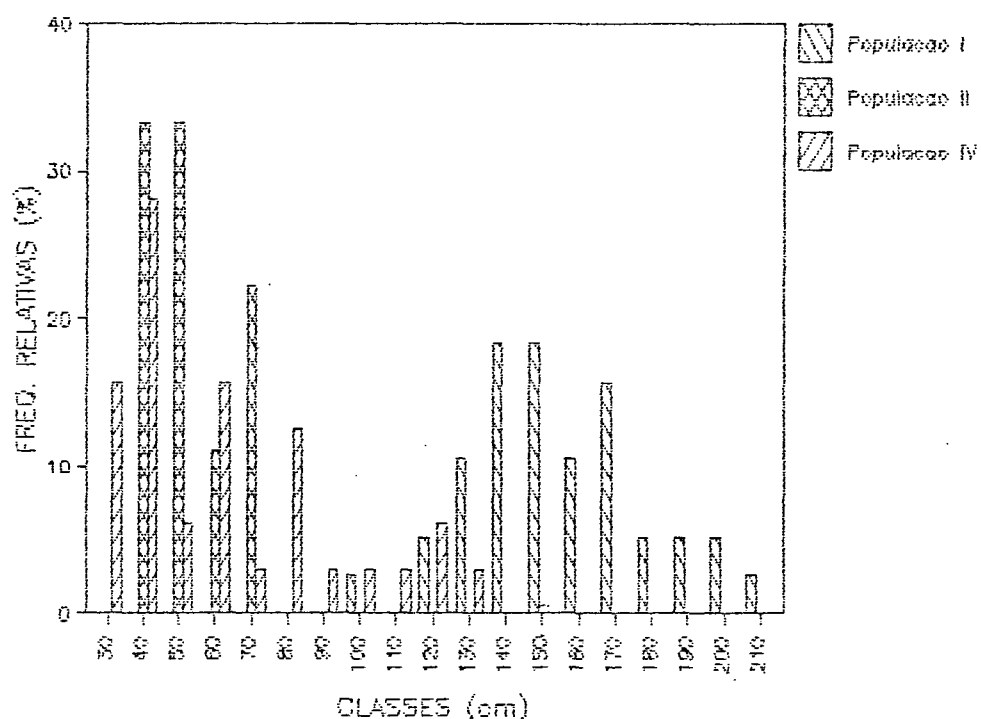


Figura 16 - Histograma de frequência da altura da planta maior das populações I, II e IV.

#### B) Diâmetro de colo da planta maior

O diâmetro é sempre mais afetado pela concorrência do que a altura, como pode ser observado nas figuras 17 e 18 as quais representam a distribuição dos diâmetros nas população I, II e IV. Neste caso as populações tiveram que ser

consideradas separadamente pela diferença entre as faixas de variação do diâmetro. Na população I este varia de 15 a 30 mm. Entretanto nas outras duas populações varia de 3 a 13 mm.

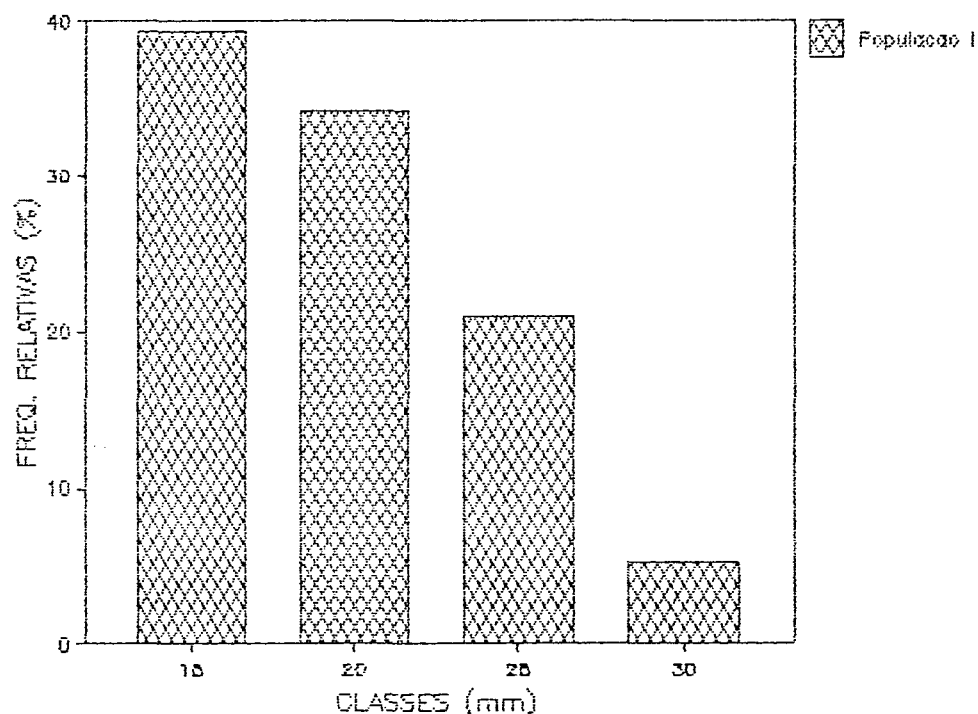


Figura 17 - frequências do diâmetro de colo da população I

Independente das idades das populações II e IV, elas agrupam as maiores frequências de diâmetros nas mesmas classes, mostrando a perda de incremento em diâmetro na população II em relação à população I assim como a estagnação do crescimento na população IV.

Esta perda de incrementos na população II, tanto do diâmetro como da altura, é importante uma vez que estas variáveis, especialmente altura são determinantes na concorrência com a vegetação nativa.



Assim ABETZ & PRANGE\*, citados por CARNEIRO<sup>6</sup> recomendam que plantios em sítios com grande concorrência de vegetação devam ser utilizadas plantas de maiores alturas, contudo com grandes dimensões de diâmetro de colo.

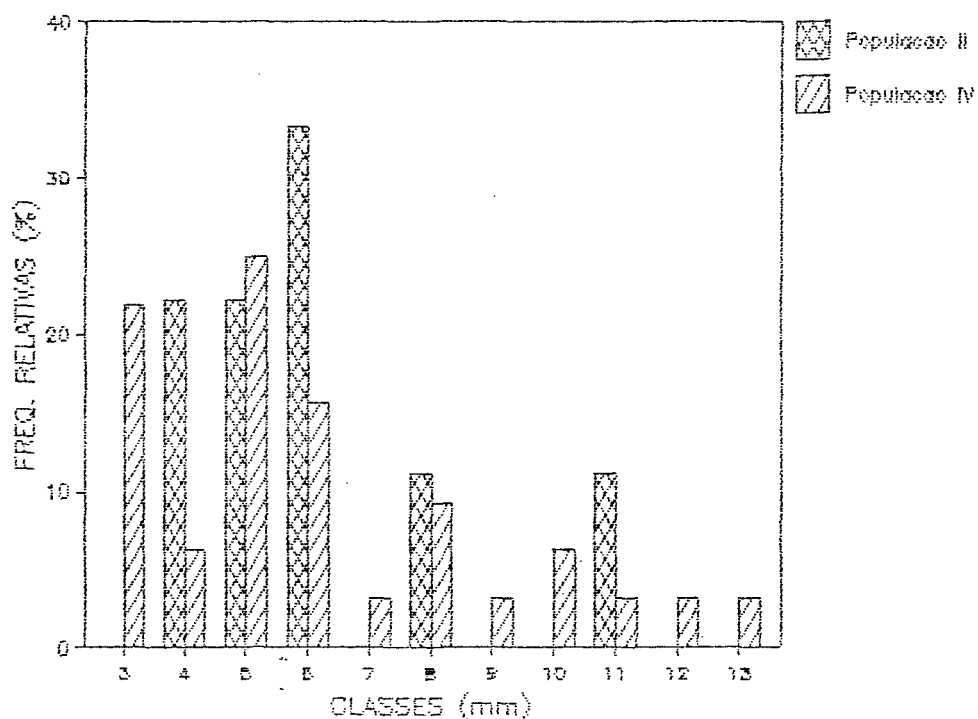


Figura 18 - Histograma de frequência do diâmetro de colo da planta maior das populações II e IV.

#### 4.6.2 Análise da População V

Em função da grande diferença nos valores dos parâmetros analisados, especialmente em comparação com a população IV, já que estes dois povoamentos tem a mesma idade,

\* ABETZ. & PRANGE, H. Waldbauliche Versuche mit verschiedenen Pflanzensortimenten bei der Fichtenbestandsbegründung - Abschlussbericht. Allg. Forst u. Jagdztg., 146: 197-205, 1975.

e da existência de vários grupos com características importantes, esta população foi analisada isoladamente das demais, realizando-se comparações entre os grupos de maior interesse.

O grupo 1 com plantas de 4 anos de idade é o que reúne o maior número de parcelas, aproximadamente 40 % , as quais se caracterizam pela baixa densidade ( 3,6 pl/m<sup>2</sup>), entretanto o grupo 2 com plantas da mesma idade, reúne só 12,5 % das parcelas amostradas, caracterizadas pela alta densidade (24 pl/m<sup>2</sup>) e o grupo 3 com plantas de 3 anos reúne 20 % das parcelas, com uma densidade semelhante ao grupo 1 (3,9 pl/m<sup>2</sup>).

É importante destacar que na análise de agrupamentos, não foi considerada a idade, por ser importante em poucas populações na análise de componentes principais. Porém, em função da correlação existente entre idade e outras variáveis consideradas, especialmente a altura da planta maior, os grupos resultantes do agrupamento, também respondem a uma clara divisão por idades.

4.6.2.1 Altura média por parcela: A altura média por parcela do grupo 1 é superior à do resto da população, tendo 61 % das parcelas deste grupo, alturas médias entre 205 e 355 cm. Já no grupo 2, 60 % das parcelas estão nas classes de 115 até 175 cm, sendo também evidente que este grupo é mais homogêneo quanto à altura média que o grupo 1 ( Figura 19 ). Possivelmente a maior densidade das parcelas deste grupo influenciou este valor médio.

No grupo 3 embora haja uma diferença de idade em relação ao grupo 2 as alturas médias estão aproximadamente nas mesmas classes, 75 % das parcelas estão entre 115 e 175 cm. de altura média. Portanto é evidente que a alta densidade do grupo 2 influencia o valor de altura média por parcela, assim a menor densidade do grupo 3 está compensando a diferença em idades entre o grupo 2 e 3. Observa-se ainda no grupo 3 uma maior concentração de parcelas nas classes consideradas.

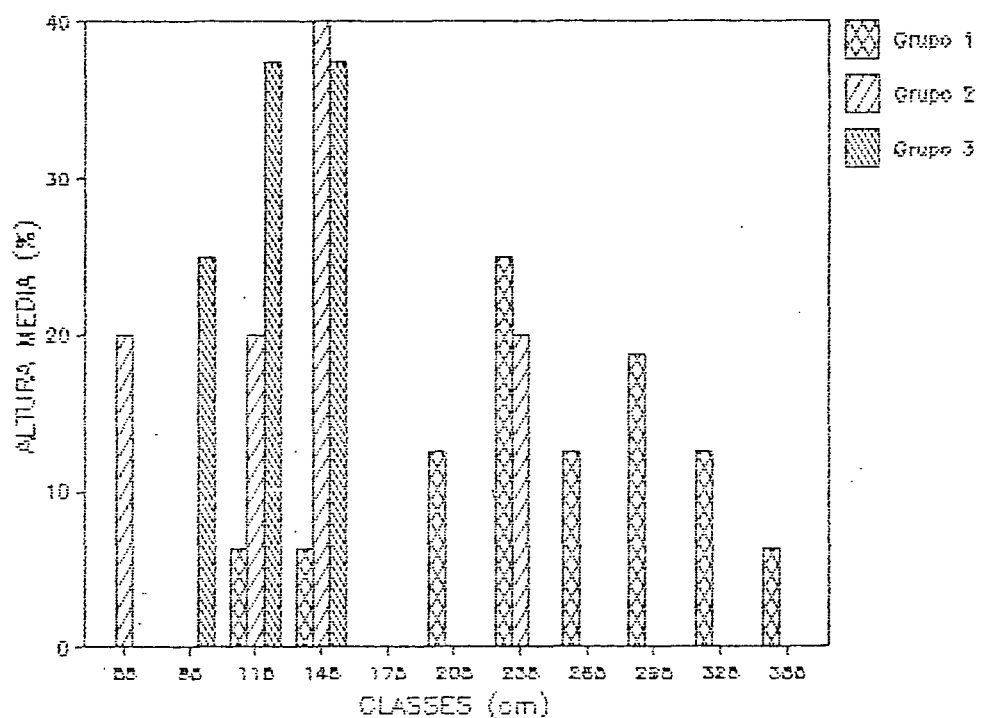


Figura 19 - Frequências da altura média por parcela dos grupos 1, 2 e 3 da população V.

4.6.2.2 Diâmetro médio por parcela: Como era de se esperar, no crescimento em diâmetro é mais evidente a influência das diferentes densidades, tendo o grupo 1, com quatro anos e

baixa densidade, diâmetros de 15 a 40 mm, nitidamente superiores aos dos outros grupos (Figura 20)

Comparando os outros dois grupos verifica-se a mesma amplitude de variação dos diâmetros, o grupo 3 com plantas de menos idade do que no grupo 2, as maiores frequências estão nas classes superiores, enquanto que, no grupo 2, essa concentração ocorre nas classes inferiores.

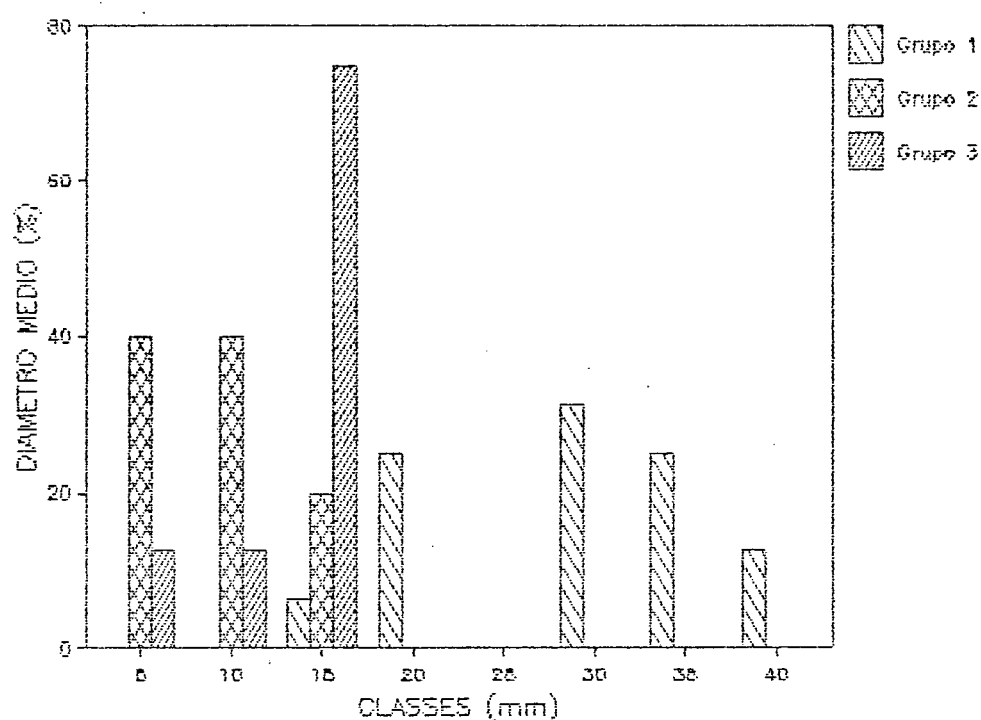


Figura 20 - Frequências de diâmetro médio por parcela de cada grupo considerado na população V.

4.6.2.3 Altura da planta maior por parcela: Em relação a altura da planta maior por parcela observam-se plantas mais altas no grupo 2 em relação ao grupo 3 (Figura 21). Como essas plantas caracterizam a planta dominante é de supor que elas tenham superado a concorrência oferecida pela alta densidade.

No grupo 1, em 69 % das parcelas a maior planta tem entre 300 e 420 cm de altura, já no grupo 2, todas as plantas maiores por parcela estão nas classes de 240 a 390 cm de altura, enquanto que no grupo 3 em 62 % das parcelas a planta maior por parcela está nas classes de 150 e 180 cm de altura.

Isto confirma o melhor desenvolvimento das plantas do grupo 1, porém a diferença com o grupo 2 é menor do que ao considerar a altura média, evidenciando uma clara diferenciação da planta maior, que caracteriza a planta dominante.

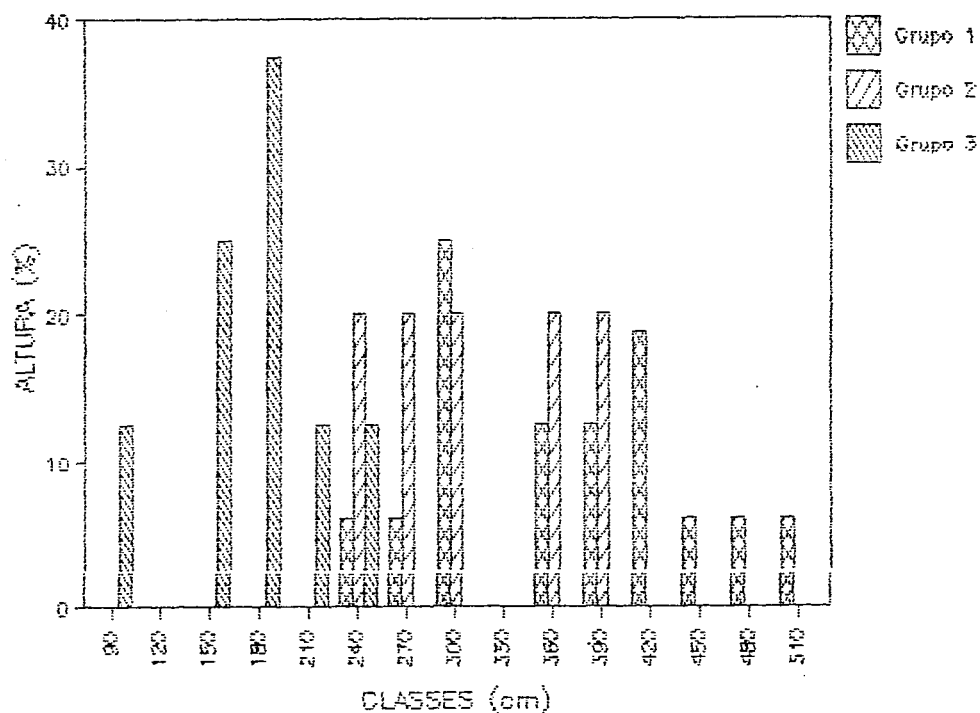


Figura 21 - Frequências de altura da planta maior por grupos na população V.

4.6.2.4 Diâmetro da planta maior: O grupo 1 com menor densidade de plantas na parcela, como era de se esperar tem valores de diâmetro (variando de 60 a 130 mm) visivelmente superiores aos dos outros dois grupos (Figura 22).

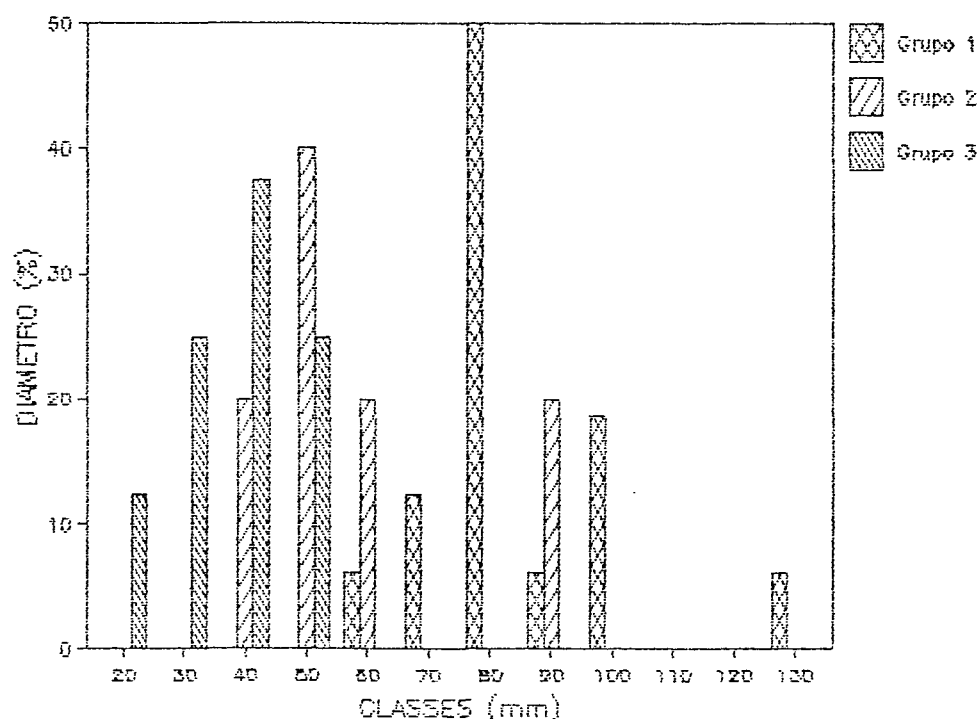


Figura 22 - Frequências do diâmetro da planta maior dos grupos 1, 2 e 3 da população V.

Comparando os grupos 2 e 3, observa-se que existe uma influência da densidade no incremento em diâmetro, porém menor que a observada em relação ao diâmetro médio. Isto é importante uma vez que o grupo 2, com maior densidade, está produzindo madeira de melhor qualidade, e esta diferenciação das plantas dominantes, desde pouca idade, faz com que a perda em produção (em relação ao grupo 1), não seja tão significativa como observado em relação ao diâmetro e à altura média.

O grupo 3 tem plantas de menor diâmetro com 88 % das plantas nas classes de 30 a 50 mm. Já no grupo 2, 88 % das plantas estão entre 40 e 60 mm., e no grupo 1, 50 % das plantas estão entre 80 e 90 mm.

#### 4.7 VARIACÃO DA RELAÇÃO ALTURA-DIÂMETRO

A relação altura-diâmetro segundo SCHMIDT-VOGT \*, citado por CARNEIRO<sup>6</sup>, é um dos melhores, senão o melhor parâmetro para a classificação da qualidade de mudas. Ela representa o equilíbrio do desenvolvimento da parte aérea, pois nela estão conjugados, simultaneamente, a altura e o diâmetro.

Em plantas de alturas semelhantes, menores valores desta relação indicam plantas mais vigorosas, pois maiores são seus diâmetros.

Esta relação foi então utilizada com a finalidade de descrever a vitalidade das plantas, através de um parâmetro factível de ser medido quantitativamente. Fez-se então o ajuste dos dados da relação na planta maior, no conjunto das quatro populações mais importantes (eliminando a população III). Este ajuste tem como finalidade a obtenção da tendência geral da relação altura-diâmetro da planta maior por parcela (com o diâmetro medido na metade da altura  $H/D \propto h$ ), em função da altura, das plantas para uma posterior comparação dos grupos mais importantes de cada população com esta tendência geral.

\*SCHMIDT-VOGT, H. Wachstum und Qualität von Forstpflanzen. München, Bayerischer Landwirtschaftsverlag, 1966. 210 p.

Na figura 23 estão representados os valores observados da relação  $H/D \propto h$  e a função que caracteriza esta tendência geral. Observa-se que, pela grande dispersão dos dados, o ajuste tem um  $r^2$  baixo, porém o modelo exponencial foi o que melhor ajustou de um total de 12 testados.

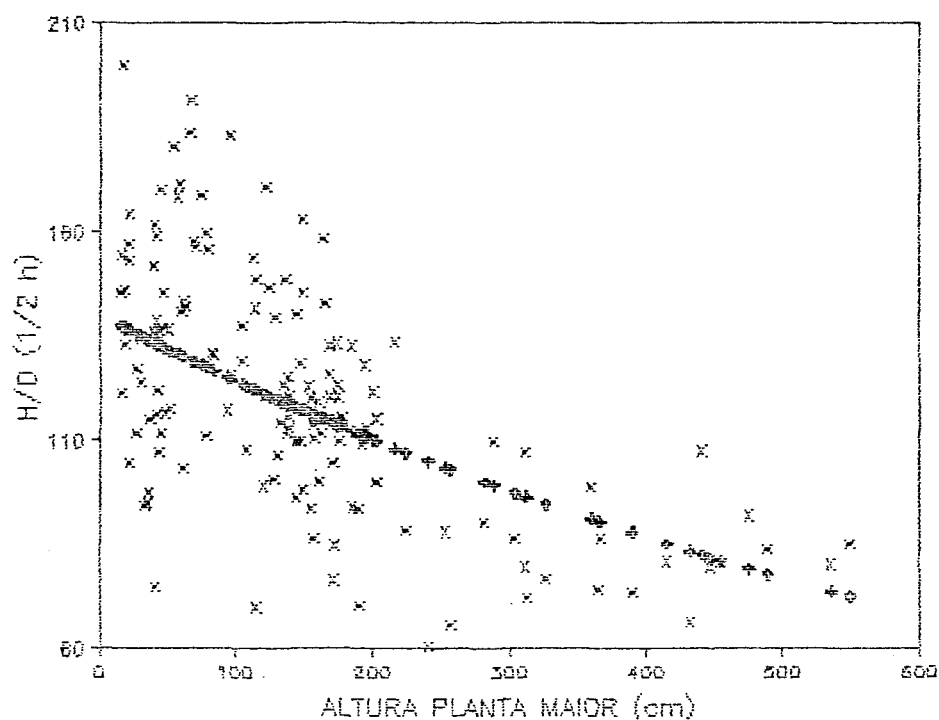


Figura 23 - Valores observados da relação  $H/D \propto h$  da planta maior e a função obtida por regressão

| Modelos testados | Equação   |
|------------------|---|
| LINEAR           | $Y = a + bX$                                      |
| QUADRATICO       | $Y = a + b \cdot X + c \cdot X^2$                 |
| CUBICO           | $Y = a + b \cdot X + c \cdot X^2 + d \cdot X^3$   |
| RAIZ QUADRADA    | $Y = a + b \cdot \sqrt{X} + c \cdot X$            |
| POTENCIAL        | $Y = a \cdot X^b$                                 |
| * EXPONENCIAL    | $Y = a \cdot e^{(b \cdot X)}$ (Mod. escolhido)    |
| HIPERBOLICO 1    | $Y = a + b/X$                                     |
| HIPERBOLICO 2    | $Y = 1/(a + b \cdot X)$                           |
| LOGARITMICO (e)  | $Y = a + b \cdot \ln(X)$                          |
| LOGARITMICO (10) | $Y = a + b \cdot \log(X)$                         |
| LOG. RECIPROCO   | $\log(Y) = a + b/X$                               |
| CUBICO-RAIZ      | $Y = a + b \cdot X + c \cdot X + d \cdot X^{1.5}$ |



Equação ajustada  $14,03649 * e^{(-0,0012 * X)}$

$r^2 = 0,3928$

$S_{xy} = 0,19999$

Deve-se esclarecer que a utilização deste modelo, ainda que com um baixo coeficiente de correlação, baseou-se na compreensão de que seria usado para uma comparação, na qual interessava ter esta tendência dos dados gerais. Portanto na sequência, será analisada cada população em relação à tendência geral.

#### 4.7.1 População I

Na população I o grupo mais importante abrangia 38 parcelas. A variação da relação  $H/D \% h$  neste grupo foi bastante homogênea em torno da função geral demonstrando que este grupo da população I acompanha a tendência geral (Figura 24).

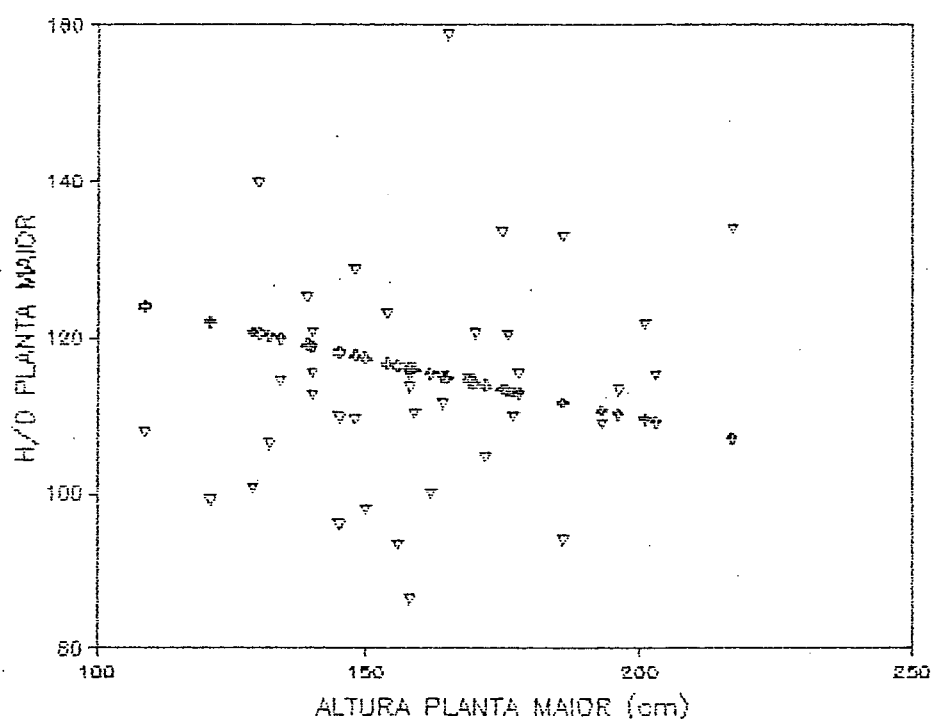


Figura 24 - Valores observados de  $H/D \% h$  nas plantas maiores do grupo 1, população I e a função geral.

A variação da relação H/D foi de 86 a 159 tanto para plantas pequenas como para plantas grandes.

Considerando a função como critério de vitalidade: valores menores correspondem a plantas mais vitais e valores maiores correspondem a plantas menos vitais, cerca de 50 % das plantas neste grupo podem ser portanto consideradas vitais, por se situarem abaixo da função geral de ajuste.

#### 4.7.2 População II

Nesta população foram considerados dois grupos, porque ambos apresentam o mesmo número de parcelas ( 9 cada grupo ).

No grupo 1 (Figura 25), observa-se uma situação semelhante à população anterior.

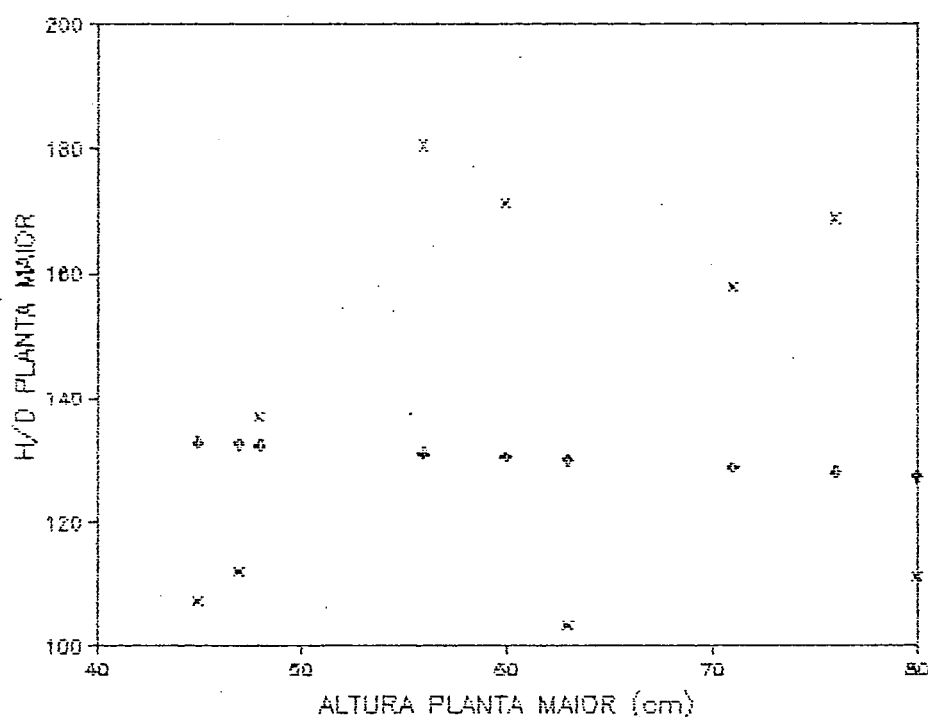


Figura 25 - Valores de H/D % h das plantas maiores do grupo 1, população II e função geral.

Porém um sub-grupo de plantas se destaca, bastante acima da curva geral. Neste sub-grupo as plantas são pouco vitais pois a relação  $H/D \times h$  varia de 158 a 181, enquanto a função de ajuste esta entre 127 - 133.

No segundo grupo ( Figura 26 ), todas as observações estão acima da função geral sendo evidente, portanto, a vitalidade menor neste grupo da população II.

Esta população está em concorrência com a regeneração da vegetação nativa, ocorrendo a presença de algumas parcelas isoladas com menor concorrência onde a vitalidade é boa.

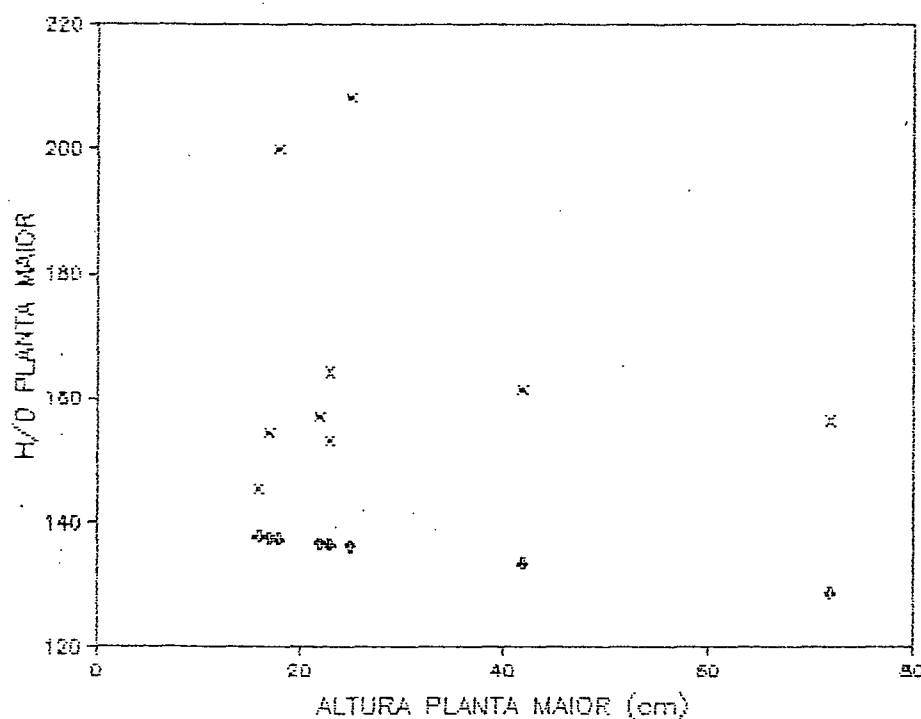


Figura 26. - Valores observados da relação  $H/D \times h$  das plantas do grupo 2, população II e função geral.

#### 4.7.3 População IV

Nesta população a regeneração se processa sob densa cobertura, o que provoca uma menor vitalidade das plantas, evidente na relação  $H/D \times h$  representada na Figura 27, que no grupo 1 da população IV ( 32 parcelas ) em 72 % dos casos está acima da função geral, atingindo nestes casos valores de até 194.

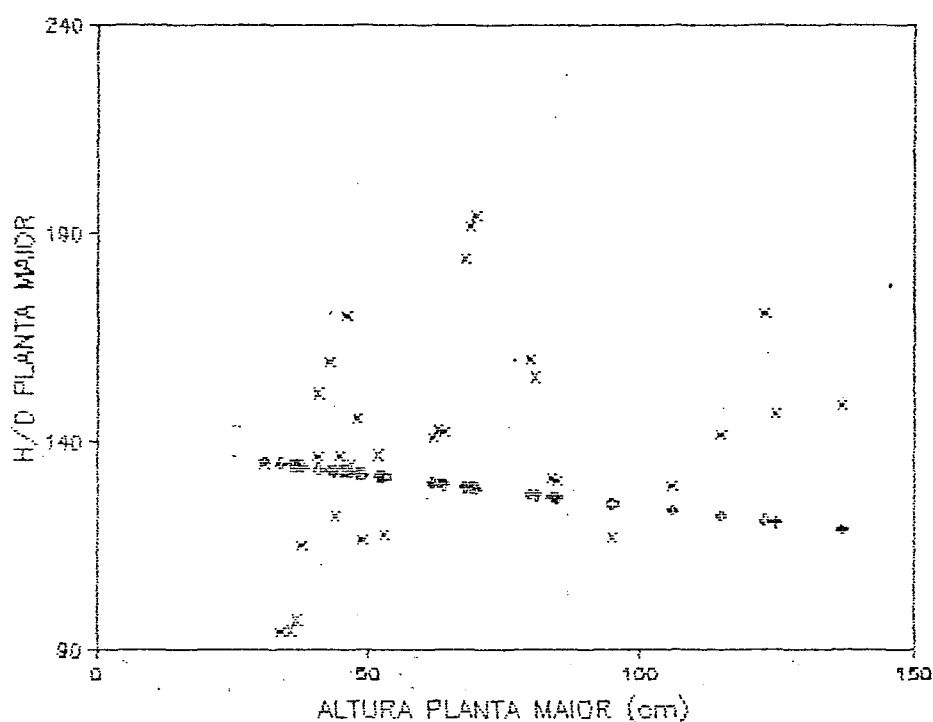


Figura 27 - Valores de  $H/D \times h$  das plantas do grupo 1 da população IV e função geral.

#### 4.7.4 População V

Na população V a regeneração ocorre a céu aberto, foram analisados os tres grupos mais importantes desta população,

uma vez que nesta população não existe um grupo que reúna a grande maioria das parcelas e sim vários grupos com características próprias.

O primeiro grupo reúne 16 parcelas ( 14 % das parcelas amostradas) caracterizadas pela baixa densidade. Como foi observado ao analisar este grupo anteriormente, o desenvolvimento das copas da planta maior por parcela permite supor que estas crescem com pouca concorrência. Isto se traduz em plantas vitais uma vez que na grande maioria das observações a relação  $H/D \times h$ , representada na figura 29, está abaixo da função geral de ajuste.

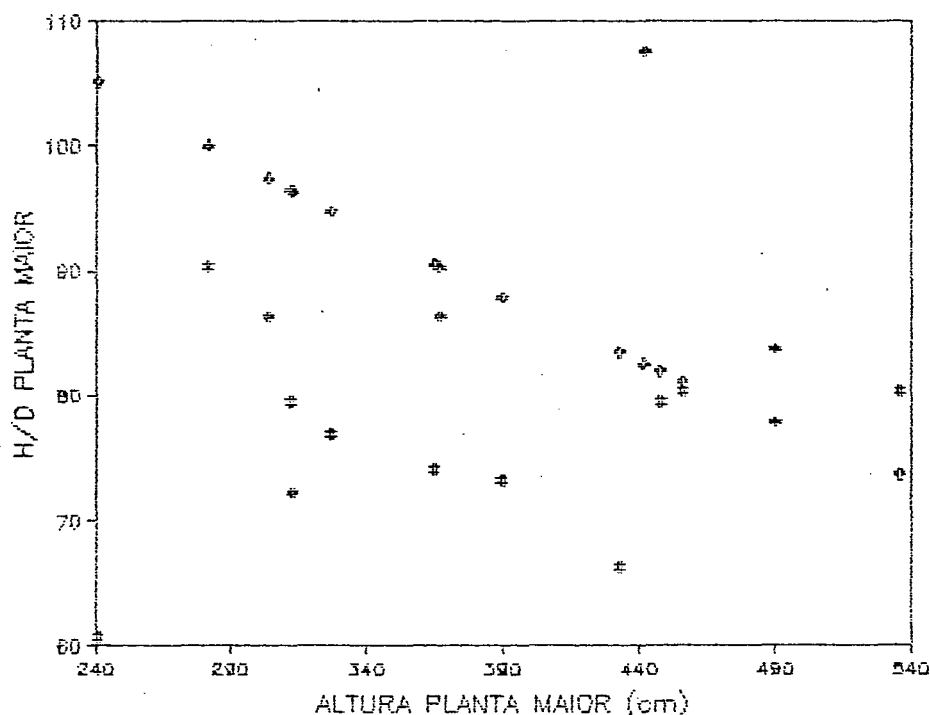


Figura 28 - Valores observados e obtidos por regressão nas plantas maiores do grupo 1 população V.

O segundo grupo reúne 5 parcelas ( 12,5 %) com características opostas, alta densidade (24 pl/m<sup>2</sup>) e alta concorrência o que também evidencia-se no desenvolvimento de copa, que é menor que nas plantas maiores do grupo 1. Isto significa plantas menos vitais, como observa-se na Figura 29, os valores da relação  $H/D \times h$  estão em torno da função geral, variando de 80 a 110. Comparando esta variação com a observada na população IV ( de 140 a 210 ), observa-se que a alta densidade tem efeito menor sobre a relação  $H/D$  do que o sombreamento produzido pelo povoamento das árvores matrizes muito fechado na população IV.

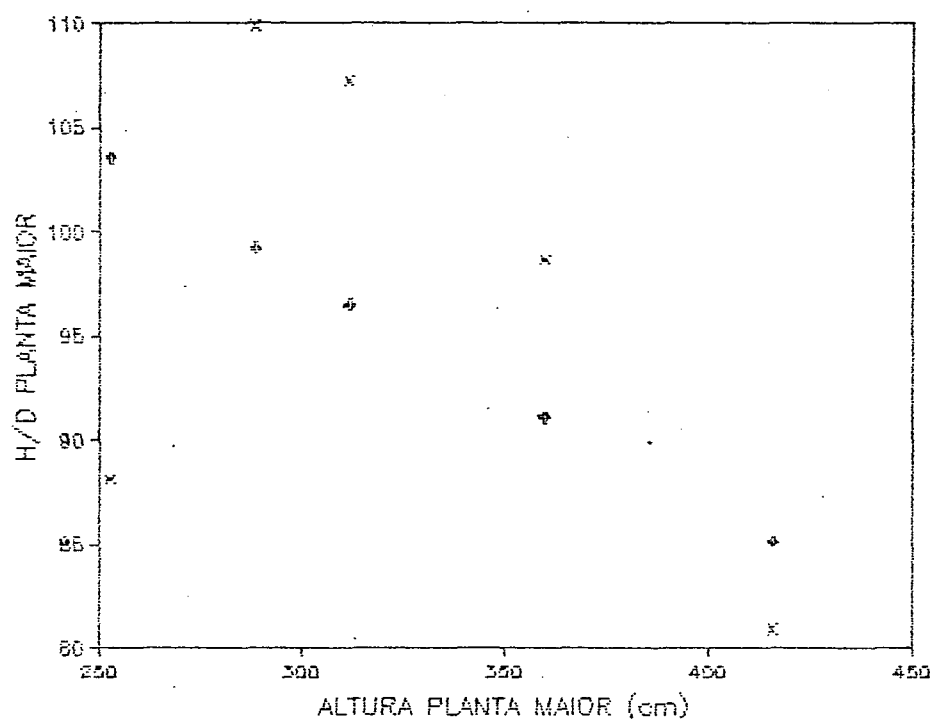


Figura 29 - Valores observados e obtidos por regressão nas plantas do grupo 2 população V.

O grupo 3 tem características semelhantes ao grupo 1 com plantas vitais uma vez que todas as plantas maiores do grupo tem relação  $H/D \propto h$  abaixo da função geral, porém estas plantas são menores do que as plantas dos grupos anteriores, a altura varia de 110 a 260 cm, isto pode dever-se em parte a menor idade destas plantas que tem 3 anos de idade, um ano a menos que os grupos 1 e 2.

Tais informações permitem afirmar que nas condições de crescimento desta população (céu aberto), as plantas maiores são vitais e que a densidade tem menos influência na relação  $H/D$  do que a falta de luz.

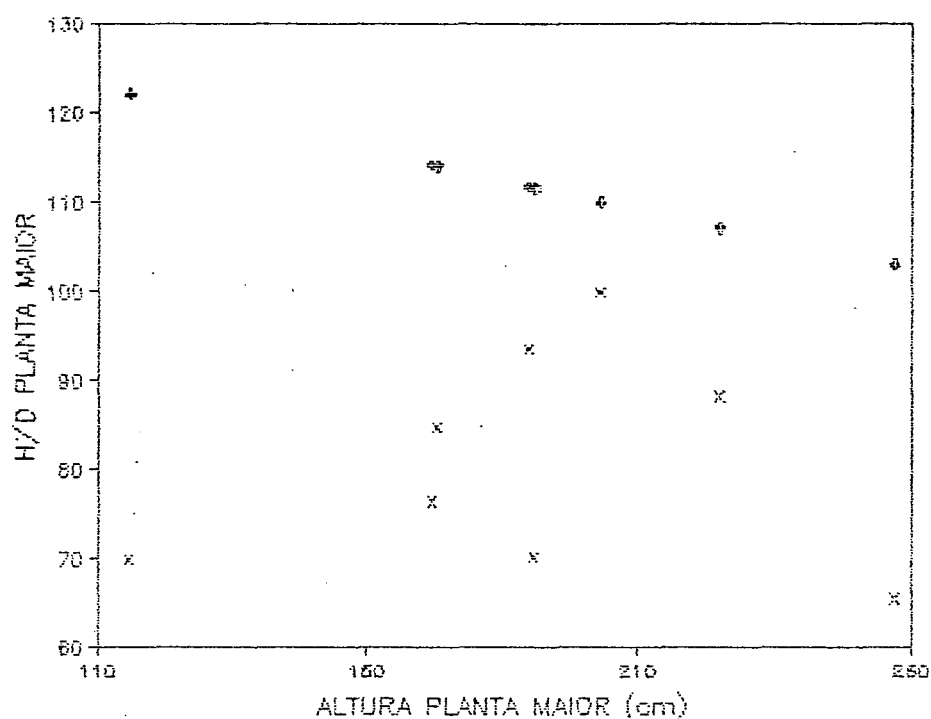


Figura 30 - Valores observados e estimados nas plantas do grupo 3 população V.

## 5 CONCLUSÕES

Nos diferentes graus de cobertura estudados a densidade e distribuição das plantas jovens, de *Pinus elliottii* foram satisfatórias. Somente na população II com uma alta regeneração da vegetação nativa a distribuição das plantas é insatisfatória, com presença de grandes áreas vazias.

Dos defeitos estudados somente a tortuosidade na base apresenta uma alta frequência. As bifurcações e a presença de pontas secas ocorrem com frequências muito baixas.

As tortuosidades em geral, são de pouca importância; a maioria das plantas amostradas possuem tortuosidade menor que 1 cm. Só nas populações IV e V as tortuosidades de 1-2 cm tem frequências maiores.

A vitalidade avaliada qualitativamente, através do fenótipo, mostrou que nas populações I, III e V as duas primeiras classes ( vitalidade boa e média ) reúnem mais de 75 % do total de plantas, entretanto nas populações II e IV há uma notável perda de vitalidade.

A avaliação da vitalidade através da relação H/D confirmou os resultados obtidos através do fenótipo, tornando-se uma variável que precisa ser mais pesquisada para



determinar os limites que definem uma boa vitalidade e consequente estabilidade do povoamento.

Na regeneração natural ocorre uma sobrevivência suficiente quando não existe a concorrência com a regeneração da vegetação nativa, Porém com forte cobertura se produz uma rápida perda de vitalidade e estagnação do crescimento que torna impraticável a regeneração natural.

A pós-estratificação das parcelas realizada através da técnica de agrupamento foi de grande importância na descrição das diferentes populações estudadas. Nas populações mais homogêneas (I e II) se obteve um grupo que reúne mais de 80 % das parcelas amostradas, entretanto na população mais heterogênea ( V ) foram identificados vários grupos com características particulares.

A população III apresenta uma grande homogeneidade, tanto na altura média como no diâmetro médio. Todas as plantas se concentram em poucas classes.

Na população I, onde se observa a continuação do processo de regeneração durante o segundo ano, é claramente superior o desenvolvimento quando comparada com as populações II e IV, considerando os valores médios e especialmente da planta maior por parcela.

Nas populações II e IV, independentemente da diferença de idade, as plantas jovens se agrupam nas mesmas clases de frequências de altura e diâmetro.

No grupo 1 da população V com 4 anos de idade e baixa densidade se observa um desenvolvimento claramente superior aos demais grupos desta população. Nos valores médios por

parcela, de altura e diâmetro há uma grande influência da densidade, compensando a diferença em idade entre os grupos 2 e 3 . Porém ao considerar a planta maior esta influência da densidade é menos evidente, devido à diferenciação das plantas dominantes desde pouca idade.

Em função da alta heterogeneidade das populações de regeneração natural e considerando que a densidade é a variável que apresentou maior variação, sendo uma variável de obtenção imediata no campo, é importante estratificar a população segundo áreas de densidade mais homogêneas. Com isto é possível reduzir o número total de parcelas amostradas com um erro de amostragem mais baixo, testando posteriormente esta estratificação através de análise discriminante.

## SUMMARY

This work was carried out at the Capão Bonito National Forest (FLONA C.B.) of the Brazilian Institute of Forestry Development (IBDF), in populations of *Pinus elliottii* originated from natural regeneration. The objectives of this work were: to evaluate tree density and distribution in young populations; to analyze different parameters in order to describe the stage of development of these trees; to evaluate some characteristics to describe the quality of the trees and to analyze the structure of young populations. This information can be used for forest management purposes. Five well differentiated areas with *Pinus* natural regeneration were chosen, four of which (I, II, III and IV) growing under the matrix canopy and one (V) in an open area. Sampling was made with plots, varying in size according to the aggregation of each population considered, systematically distributed in the area. The plot size was determined through the "empty areas diagram" in order to reach a high probability (90 %) of occurrence of at least one young plant within the plot. It was not possible to use this methodology in population II and the plot area was fixed in 5 m<sup>2</sup> which represents a 50 % probability of having at least one plant in the plot. Variations in the number of plants per unit area ranging from 12,000 to 572,800 trees/ha were observed, indicating that in all studied situations density was satisfactory. The distribution of these young plants, analyzed through the "empty areas diagram", was satisfactory for the majority of the populations. Regarding the potentiality of these trees to replace the matrix canopy, a good vitality was observed in populations I, III and V. However, in the remaining populations the vitality was not so good. In general, stem tortuosities were of little importance, and population IV presented the highest number of stem deformities. From all studied defects, the tortuosity at the base of stems presented a higher frequency. Frequency of bifurcation and dead tips was very low. For the description of the studied populations, the cluster analysis was utilized. Finally, comparisons between populations, represented by their most important group, were carried out in order to evaluate growth differences in plants within the studied areas. Multivariate analysis was effective in accomplishing the objectives of the present work.

# REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- 1 ALONSO, A.V. Los tratamientos silviculturales. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. 10 ed., 1978. 233 p.
- 2 ALEXANDER, R.R. Seedfall and establishment of Engelmann spruce in clearcut openings: a case history. USDA For. Serv. Res. Pap. RM-53, 1969. 12 p.
- 3 ANDRAE, F.H. Ecologia Florestal. Santa Maria imprensa Universitária da UFSM, 1978. 230 p.
- 4 BARROS, P.L.C. & MACHADO, S.A. Aplicação de Índices de Dispersão em Espécies de Florestas Tropicais da Amazônia Brasileira. Série Científica 1, FUFEP. Curitiba, Paraná. 1984. 44 p.
- 5 CAMPBELL, T.E. and MANN, W.F. Regenerating Loblolly Pine By Direct Seeding and Planting. U.S.D.A. For. Serv. Res. Pap. SO-84. 1973. 9 p.
- 6 CARNEIRO, J.G.A. Efeito da densidade sobre o desenvolvimento de alguns parâmetros morfofisiológicos de mudas de Pinus taeda L. em viveiro e após o plantio. Curitiba, UNPR. 1985. 125 p. tese Professor titular. Universidad Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias.
- 7 COX, F. Dichtebestimmung und Strukturanalyse von Pflanzenpopulationen mit Hilfe von Abstandsmessungen. Mitt.d. BFA, 87, 1971. 182 p.
- 8 CROKER, T.C. and BOYER, W.D. Regenerating Longleaf Pine Naturally. U.S.D.A. For. Serv. Res. Pap. SO-105. 1975.
- 9 DANIEL, T., HELMS, J.A., BACKER, F.S. Principios de Silvicultura. 10 ed. en español. Mc Graw-Hill, 1982. 487 p.

- 10 DESCHAMPS, J.R., GELID, M.M. VELAZQUEZ, J.D., VIZCARRA, S.J. Grave afección por muerte regresiva (Die-Back) en pinos subtropicales de misiones: producida por *Sphaeropsis sapinea* (fr) Dyko y Sutton. In boletín 3, colegio de ingenieros forestales de misiones. 1987.
- 11 EDWARDS, M. B. Natural Regeneration of Loblolly Pine. A loblolly Pine Management guide. USDA For. Serv. Southern Forest Experiment Station General Technical Report SE-47. 1987. 17 P.
- 12 FERREIRA, M.L. & LIMA, O.M.B.de. Processo de classificação. In: FAISSOL, S. Tendências atuais na geografia urbano regional: teorização e quantificação. Rio de Janeiro; FIBGE, 1978. p. 113-130.
- 13 FOWELLS, H.A. Silvics of Forest Trees of United States. Agriculture Handbook Nº 271 U.S.D.A. Forest Service. 1965. p.360-372 e 458-463
- 14 GAMA, M. de P. Bases da análise de agrupamentos ("Cluster Analysis"). Brasília, UnB, 1980. 229 p. Dissertação Mestrado.
- 15 GARRIDO, M.A.O., GARRIDO, L.M.A.G., RIBAS, C., ASSINI, J.L. A influência da densidade na produção de sementes de *Pinus elliottii* Eng. var. *elliottii*. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL-METODOS DE PRODUÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE DE SEMENTES E MUDAS FLORESTAIS. IUFRO-U.F. do PR. ANAIS: 134-139. 1984
- 16 GRANO. C.X. Indices to Potential Cone Production of Loblolly Pine. Journal of Forestry 55 : 890-891. 1957.
- 17 HEIDMANN, L.J. Seed Production in Southwestern Ponderosa Pine on a Sedimentary Soil. U.S.D.A. For.Serv. RM-RN 434. 1983.
- 18 HU, S.C. Regenerating Loblolly Pine by Natural Seeding and by Planting in Southeastern Louisiana. Southern Silvicultural Research Conference, Atlanta, Georgia, Nov. 4-5, 1982.
- 19 INOUE, M.T. Regeneração natural -Seus problemas e perspectivas para as florestas brasileiras. Série Técnica 1, FUPEF, Curitiba. 1979. 22 p.
- 20 ISEBRANDS, J.G. & CROW, T.R. Introduction to uses and interpretation of principal component analysis in forest biology. North Central Forest Experiment Station. U.S.D.A. Forest Service General Technical Report 17, 1975. 18 p..
- 21 JANKOVSKI, T. Avaliação da produção e disseminação de sementes em um povoamento de Pinus taeda. Curitiba UFPR. 1985. 74 p. Dissertação Mestrado.

- 22 JEMISON, G.M. & KORSTIAN, C.F. Loblolly Pine Seed Production and Dispersal. J.For. 42 : 734-741. 1944.
- 23 LEA, A.D. Use of natural regeneration to establish second-rotation crops of radiata pine in the Australian capital territory. Commonw. For.Rev. 63 (4): 363-269. 1984.
- 24 MALUF, M.A. et alii. Avaliação de populações de Leucena para tolerância ao alumínio. II. Análise de conglomerado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 19 (8): 999-1002, 1984.
- 25 MARDIA, K.V.; KENT, J.T. & BIBBY, J.M. Multivariate analysis. New York, Academic Press, 1979. 521 p.
- 26 MOREY, R.P. O crescimento das árvores. Ed. da Universidade de São Paulo, 1980. 65 p.
- 27 POMEROY, K.B. & KORSTIAN, C.F. Further results on loblolly pine seed production and dispersal. J:For. 47: 968-70. 1949.
- 28 QUEIROZ, W.T.de. Uso da análise multivariada nos levantamentos florestais. (mimeografiado) 11 p.
- 29 SEITZ, R.A. O diagrama de áreas vazias. Floresta 11 (2): 52-58. 1980.
- 30 \_\_\_\_\_ A regeneração natural de Araucaria angustifolia. Silvicultura em São Paulo 16 A : 412-420, 1982.
- 31 \_\_\_\_\_ & CORVELLO, W.V. A regeneração de Pinus elliottii em área de campo. In: Simpósio da IUFRO Florestas plantadas nos neotrópicos - seu papel como fonte de energia. Viçosa. 1983. 6 p.
- 32 TROUSDELL, K.B. Favourable Seedbed Conditions for loblolly Pine Disappear 3 years after logging. J. For. 52: 174-176. 1954.
- 33 VAN LEAR, D.H., DOUGLASS, J.E., COX, S.K., AUGSPURGER, M.K., and NODINE, S.K. Regeneration of loblolly pine plantations in the piedmont by clearcutting with seed in place. In: SECOND BIENNIAL SOUTHERN SILVICULTURAL RESEARCH CONFERENCE. Atlanta, Georgia. 1982. Proceedings
- 34 WAHLEMBERG, W.G. Effect of forest shade and openings on loblolly Pine seedlings. J.For. 46: 832-834. 1948.
- 35 WAKELEY, P.C. Loblolly Pine Seed Production. J.For. 45: 676- 677. 1947.
- 36 WENGER, K.F. & TROUSDELL, K.B. Natural regeneration of loblolly pine in the South Atlantic Coastal Plain. Production Research Report, 13. Washington. 78 p. 1958.

- 37 ZEIDE, B. Loblolly Pine Regeneration and Querstory Density.  
In: THIRD BIENNIAL SOUTHERN SILVICULTURAL RESEARCH  
CONFERENCE, Atlanta, Georgia 1984, Proceedings General  
Technical Report SO-54, 1985: p. 93-96.